

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от 16 июня 2020 г. протокол № 11/02-19-10  
Председатель \_\_\_\_\_ (Хусаинов А.Ш.)  
(подпись, расшифровка подписи)



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА</b>
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	4

Направление (специальность) **03.03.03 “Радиофизика”**,  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность (профиль/специализация) **Твердотельная электроника и наноэлектроника**  
*полное наименование*

Форма

обучения **очная**

*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 01 » сентября 2020 г.

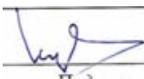
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Гурин Нектарий Тимофеевич	Радиофизики и электроники	Зав.кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий выпускающей кафедрой
 _____ / Гурин Н.Т./ <i>Подпись</i> <span style="float: right;"><i>ФИО</i></span>
« <u>09</u> » <u>06</u> 2020 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Целью освоения дисциплины** является подготовка радиофизика к деятельности по разработке и исследованию одного из важнейших компонентов современной электроники - интегральных микросхем, а также новых функциональных микро- и нанолитронных элементов и компонентов электроники.

**Основными задачами изучения** дисциплины являются:

- изучение принципов и методов создания и функционирования ИС различного назначения, конструкции элементов ИС, топологии ИС, оценки надежности ИС;
- ознакомление студента с достижениями и перспективными направлениями развития микроэлектроники, проблемами качества интегральных схем, областями их применения;
- формирование у студента навыков контроля параметров физической структуры и топологии ИС и ее элементов, электрических параметров ИС и ее элементов;
- формирование представлений о фундаментальных и конструкторско-технологических ограничениях в микро- и нанолитронике;
- подготовка студентов к освоению последующих спецкурсов, выполнению курсового проекта, дипломной работы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина «Микро- и нанолитроника» (Б1.В.ДВ.6) относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавров по направлению 03.03.03 «Радиофизика», преподается в 7-м семестре 4-ого курса бакалаврам очной формы обучения после завершения общего курса и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах

Механика;

Молекулярная физика;

Электричество и магнетизм;

Колебания и волны, оптика;

Атомная и ядерная физика;

Математический анализ;

Аналитическая геометрия;

Линейная алгебра;

Теория вероятностей и математическая статистика;

Дифференциальные уравнения;

Методы математической физики;

Теоретическая механика;

Электродинамика;

Теория колебаний;

Физика полупроводников;

Распространение электромагнитных волн в; однородных, периодических и наноструктурах;

Физическая электроника;

Полупроводниковая электроника;

Математический анализ функций многих переменных;

Векторный и тензорный анализ;

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Интегральные уравнения и вариационное исчисление;

Теоретические основы электротехники;

Электродинамика СВЧ;

Научные основы школьного курса физики;

Методика преподавания физики;

Методы анализа, контроля и диагностики; полупроводниковых устройств;

Материалы электронной техники;

Основы радиоизмерений;

Физика конденсированных сред;

Физические основы технологии ИМС;

Моделирование гуманитарных процессов;

Физика активных элементов;

Численные методы в квантовой оптике;

Микропроцессорные системы;

Основы электро- и радиоизмерений;

Схемотехника.

Проектная деятельность.

Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе

Первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности.

Конструирование интегральных микросхем, микросборок и СВЧ-модулей.

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие входные знания, умения, навыки и компетенции, полученные в рамках изучения предшествующих дисциплин:

базовые знания, умения, навыки в области общей и теоретической физики и радиофизики;

ОПК-1 способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;

ОПК-2 способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии;

ПК-1 Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.

Данная дисциплина является предшествующей для следующих дисциплин:

Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок;

Термодинамика и статистическая физика;

Статистическая радиофизика и нанооптика;

Практикум по интегральной и волоконной оптике;

Научно-исследовательская работа 1;

Преддипломная практика;

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

*Перечень формируемых компетенций в процессе освоения материала по дисциплине (модулю) с указанием кода и наименования компетенций, соотнесенных с установленными разработчиком РПД индикаторами достижения каждой компетенции отдельно в соответствии с ФГОС ВПО, ФГОС ВО.*

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 Способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;	<p>Знать: физические основы работы элементов ИС и технологических методов изготовления ИС.</p> <p>Уметь: измерять физические и электрические параметры элементов ИС.</p> <p>Владеть: навыками контроля параметров структуры ИС и ее элементов, электрических параметров элементов ИС .</p>
ОПК -2 Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии;	<p>Знать: методы поиска информации и самостоятельного приобретения знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий (программного обеспечения, баз данных ,информационно-справочных и поисковых систем)</p> <p>Уметь: осуществлять поиск информации и самостоятельно приобретать знания с использованием современных образовательных и информационных технологий.</p> <p>Владеть: методами самостоятельного приобретения знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий.</p>
ПК -1 Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной	<p>Знать: принципы работы элементов ИС, виды ИС и технологий ИС, конструкции элементов и компонентов ИС, методы разработки и изготовления ИС , параметры надежности и контроля качества ИС.</p>

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.	<p>Уметь: Уметь: производить оценку параметров, характеристик и сравнение конструкций и технологий изготовления различных элементов ИС и видов ИС анализ и расчет, исследование параметров и характеристик новых элементов и приборов функциональной микроэлектроники, оптоэлектронных приборов и структур, метаматериалов, наноразмерных материалов и структур оптического и радиодиапазонов</p> <p>Владеть: навыками оценки параметров, анализа и расчета, исследования параметров и характеристик элементов ИС, новых элементов и приборов функциональной микроэлектроники, оптоэлектронных приборов и структур, метаматериалов, наноматериалов и структур оптического и радиодиапазонов.</p>
--	--

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего)   5  

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах) 180

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )			
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам		
		7	2	3
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	72	72		
Аудиторные занятия:	72	72		
лекции	36	36		
Семинары и практические занятия				
лабораторные работы, практикумы	36	36		
Самостоятельная работа	72	72		
Форма текущего контроля знаний и контроля	Устный опрос. Устный опрос-допуск к	Устный опрос. Устный опрос-допуск к		

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферати др. (не менее 2 видов)	выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам	выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам		
Курсовая работа. Тематика в соответствии с п.8. Консультации и защита курсовой работы	36	36		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен	экзамен		
Всего часов по дисциплине	180	180		

#### 4.3. Содержание дисциплины (модуля.) Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения \_очная\_\_\_\_\_

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний	
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы				
1	2	3	4	5	6	7		
<i>Раздел 1. . Введение</i>								
1. Основные этапы и тенденции развития электроники .	2	1					1	Устный опрос.
2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.	2	1					1	Устный опрос.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

<i>Раздел 2. . Конструкции и технологии полупроводниковых ИС</i>							
1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.	12	6				6	Устный
2. Методы изоляции элементов ИС..	4	2				2	Устный опрос.
3. Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.	44	2		20	6	22	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.	20	2		8	3	10	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

<i>Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС</i>							
1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение.	8	4				4	Устный опрос.
2. Ионное распыление.	4	2				2	Устный опрос.
3. Химическое осаждение.	2	1				1	Устный опрос.
4. Электролитическое наращивание. Анодирование.	2	1				1	Устный опрос.
5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	4	2				2	Устный опрос.
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	12	2		4	2	6	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<i>Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.</i>							

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

1. Конструкции толсто пленочных ИС.	2	1				1	Устный опрос.
2. Основные технологические операции в производстве толсто пленочных ИС.	2	1				1	Устный опрос.
<b>Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.</b>							
1. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса.	5	0,5		2	0,5	2,5	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
2. Присоединение выводов.	1	0,5				0,5	Устный опрос.
<b>Раздел 6. Герметизация ИС.</b>							
1. Конструкции корпусов ИС.	1	0,5				0,5	Устный опрос.
2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.	5	0,5		2	0,5	2,5	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

							ных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел 7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.</b>							
1. Качество ИС. Надежность и ее свойства.	2	1				1	
2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.	2	1				1	Устный опрос.
<b>Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанoeлектроника.</b>							
1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанoeлектроника.	2	1				1	Устный опрос.
<b>Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.</b>							
1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.	2	1				1	Устный опрос.
2. Оптоэлектроника.	2	1				1	Устный опрос.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	2	1				1	Устный опрос.
Всего	144	36		36		72	
Курсовая работа	36					36	Консультации и защита курсовой работы
Итого	180	36		36	12 в т.ч.	108	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Раздел 1. Введение

1. Основные этапы и тенденции развития электроники как материальной основы технических систем обработки, передачи и хранения информации. Микро- и нанoeлектроника. Интегральная и функциональная Микро- и нанoeлектроника. Терминология микроэлектроники.
2. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам степени интеграции и функциональной сложности, функциональному назначению. Виды технологии ИС.

### Раздел 2. Полупроводниковая планарная технология ИС.

1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС. Обработка полупроводниковых материалов. Маскирующие и изолирующие пленки. Фото- и опто- литография. Электролитография, ионная литография, рентгенолитография. Диффузия. Эпитаксия. Ионное легирование. Контроль параметров слоев. Металлизация.
2. Методы изоляции элементов. Методы диодной изоляции. Методы диэлектрической изоляции. Комбинированные методы изоляции.
3. Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.
4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.

### Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС

1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение. Основные этапы. Методы формирования потока пара вещества. Состав и структура вакуумных напылительных установок. Методы получения вакуума. Вакуумные насосы. Вакуумные ловушки. Методы измерения вакуума.
2. Ионное распыление. Катодное, ионноплазменное, ВЧ-плазменное распыление, плазменное анодирование.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

3. Химическое осаждение. Осаждение из газовой фазы, из растворов.
4. Электролитическое наращивание. Анодирование.
5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС. Конструкции пленочных пассивных элементов. Навесные компоненты.

#### **Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.**

1. Конструкции толстопленочных ИС. Конструкции пассивных элементов. Подложки, пасты, трафареты.
2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.

#### **Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.**

1. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса.
2. Присоединение выводов.

#### **Раздел 6. Герметизация ИС.**

1. Конструкции корпусов ИС.
2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.

#### **Раздел 7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.**

1. Качество ИС. Определение качества, показатели качества. Надежность и ее свойства. Показатели надежности.
2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС. Виды и методы контроля качества.

#### **Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанозлектроника.**

1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанозлектроника.

#### **Раздел 9. Функциональная микро- и нанозлектроника.**

1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.
2. Оптоэлектроника.
3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

### **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

*Данный вид работы не предусмотрен УП.*

### **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ**

**Лабораторные работы. (Приложение – учебно-методическая литература 1, 2)**

#### **Раздел 2. Полупроводниковая планарная технология ИС.**

Тема 3. Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

конденсаторов и резисторов ИС.

**Лабораторная работа №2. Изучение полупроводникового диода.**

**Лабораторная работа №3. Температурная зависимость параметров р-п-переходов.**

**Лабораторная работа №4. Изучение работы транзистора в схеме с общей базой.**

**Лабораторная работа № 5. Вольт-амперные характеристики транзистора в схеме с общим эмиттером.**

**Лабораторная работа № 2.1. Изучение конструкций полупроводниковых интегральных микросхем.**

Тема 4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом, МДП, КМДП транзисторов.

**Лабораторная работа № 6. Характеристики и параметры полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом.**

**Лабораторная работа №7. МДП транзистор.**

### *Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС*

Тема 6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.

**Лабораторная работа №2.2. Изучение конструкций гибридных интегральных микросхем.**

### *Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.*

Тема 1. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса

### *Раздел.6. Герметизация ИС*

Тема 2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.

**Лабораторная работа №2.3. Изучение методов сборки и герметизации микросхем.**

## **8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

### **Примерный перечень тем курсовых работ**

1. Исследование характеристик толстопленочного электролюминесцентного излучателя.
2. Моделирование выхода излучения из тонкопленочных электролюминесцентных излучателей.
3. Анализ методов получения электролюминесцентных структур с регулярными микронеоднородностями.
4. Получение и исследование оксидных фотолуминофоров на основе щелочноземельных элементов.
5. Моделирование выхода излучения из модифицированных пленочных электролюминесцентных структур.
6. Исследование координатно-чувствительного полупроводникового фотоприемника с переменным напряжением питания.
7. Исследование координатно-чувствительного кремниевого фотоприемника с импульсной засветкой.
8. Одномерные фотонные кристаллы.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

9. Идеальное туннелирование структур с ферритовым слоем.
10. Пропускательная способность структур, содержащих прилегающие  $\epsilon$  и  $\mu$  отрицательные слои.
11. Фотоиндуцированный спин-пайерлсовский фазовый переход.
12. Электромагнитные волны в фотонных кристаллах с активными материальными параметрами.
13. Усиление света вблизи металлических наночастиц.
14. Показатели преломления и поглощения метаматериалов с наночастицами серебра.
15. Отражение и пропускание слоя с квазиулевым показателем преломления.
16. Создание волоконных WDM-разветвителей.
17. Электромагнитные поля внутри и вне фазированных антенных решеток.
18. Электромагнитные поля точечного диполя в радиационной и ближней зонах.
19. Прохождение и отражение света через тонкую пластинку с комплексной диэлектрической проницаемостью.
20. Оптические свойства фотонно-кристаллических структур.
21. Фотоиндуцированный фазовый переход полупроводник-металл в двуокиси ванадия.
22. Общие принципы работы радиолокационных станций.
23. Изучение принципов работы ультрафиолетовых источников излучения для абсорбционной спектроскопии.
24. Автоматизация спектрометра ИКС-29.
25. Принципы работы микроволновой печи.
26. Физические принципы работы и использование современных датчиков Холла.

Цель и задачи исследований в рамках курсовых работ, требования к их содержанию, объему, оформлению изложены в методических указаниях по выполнению курсовых работ (приложение – учебно-методическая литература 4)

*Приводится тематика работ, раскрывается цель и задачи исследования, требования к их содержанию, объему оформлению.*

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ (ЗАЧЕТУ)**

### **Вопросы к экзамену**

1. Основные этапы и тенденции развития электроники. Микро- и наноэлектроника. Интегральная и функциональная Микро- и наноэлектроника.
2. Терминология микроэлектроники.
3. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам степени интеграции, функциональной сложности и назначению.
4. Виды технологии ИС.
5. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.
6. Механическая обработка полупроводниковых материалов.
7. Химическая, электро-, плазмо- химическая, ионная обработка полупроводниковых материалов.
8. Маскирующие и изолирующие пленки.
9. Оптолитография.
10. Электроно- и рентгенолитография, ионная литография.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

11. Диффузия.
12. Эпитаксия.
13. Ионное легирование.
14. Контроль параметров диффузионных слоев.
15. Металлизация полупроводниковых ИС.
16. Методы изоляции элементов полупроводниковых ИС диффузионными областями.
17. Методы диэлектрической изоляции элементов полупроводниковых ИС.
18. Комбинированные методы изоляции элементов полупроводниковых ИС.
19. Принципы действия, конструкции и свойства интегральных биполярных транзисторов.
20. Конструкции и свойства интегральных диодов.
21. Принципы действия, конструкции и свойства интегральных полевых транзисторов.
22. Конструкции конденсаторов полупроводниковых ИС.
23. Конструкции резисторов полупроводниковых ИС.
24. Основные методы тонкопленочной технологии.
25. Вакуумтермическое испарение.
26. Принцип работы и структура вакуумных напылительных установок.
27. Способы получения вакуума. Форвакуумные насосы.
28. Высоко- и сверхвысоковакуумные насосы.
29. Способы измерения вакуума.
30. Контроль параметров тонких пленок.
31. Методы ионного распыления. Катодное и реактивное катодное распыление. Магнетронное распыление.
32. Ионно-плазменное, ВЧ-плазменное распыление. Плазменное анодирование.
33. Химические и электрохимические методы получения пленок.
34. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ГИС.
35. Конструкции тонкопленочных (гибридных и пленочных) ИС. Подложки ГИС.
36. Конструкции тонкопленочных конденсаторов.
37. Конструкции тонкопленочных резисторов.
38. Конструкции тонкопленочных индуктивностей. Навесные компоненты ГИС.
39. Конструкции толстопленочных ИС.
40. Подложки, пасты, трафареты толстопленочных ИС.
41. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.
42. Методы монтажа кристаллов и плат на основании корпуса.
43. Методы присоединения выводов.
44. Конструкции корпусов ИС. Герметизация ИС.
45. Контроль герметичности корпусов.
46. Качество и надежность ИС. Показатели качества и надежности.
47. Виды и механизмы отказов ИС. Контроль ИС.
48. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Наноэлектроника.
49. Функциональная Микро- и наноэлектроника. Приборы с зарядовой связью.
50. Оптоэлектроника.
51. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме 108 часов (не менее 50-70% общего количества часов – 180 часов), должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа по данной дисциплине состоит из следующих модулей:

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену;
- подготовка курсовой работы и подготовка к защите курсовой работы.

При подготовке к лабораторным занятиям подготовке курсовой работы и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками и учебными пособиями, в том числе и информацией, полученной в Internet, а также методическими указаниями для выполнения лабораторных работ. При подготовке курсовой работы и подготовке к защите курсовой работы необходимо также использовать монографии, статьи из периодических изданий и иные научные публикации по теме курсовой работы, а также методические указания по выполнению курсовой работы.

Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами и подготовки к практическим занятиям:

- ознакомиться с содержанием темы;
- прочитать материал лекций, при этом нужно составить себе общее представление об излагаемых вопросах;
- прочитать параграфы учебника, относящиеся к данной теме;
- перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (формулировки, определения, термины, воспроизводить отдельные схемы и чертежи из учебника и конспекта лекций), на основании методических указаний для выполнения лабораторных работ и полученных практических результатов выполнения данных работ подготовить отчеты о выполнении лабораторных работ и подготовиться к защите указанных отчетов.

При подготовке курсовой работы и подготовке к защите курсовой работы следует изучить методические указания по выполнению курсовой работы, тщательно изучить материалы по теме курсовой работы, выполнить требуемый объем теоретических, расчетных и экспериментальных исследований, оформить курсовую работу, подготовить необходимый набор слайдов для презентации и доклад для защиты курсовой работы

Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы ( <i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i> )	Объем в часах	Форма контроля ( <i>проверка решения задач, реферата и др.</i> )
<b>Раздел 1. Введение</b>			
1. Основные этапы и тенденции развития	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

электроники			
2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
<b>Раздел 2. Конструкции и технологии полупроводниковых ИС</b>			
1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	6	Устный опрос.
2. Методы изоляции элементов ИС..	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.
3. Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	22	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	10	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел 3. Тонкопленочная технология</b>			
1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	4	Устный опрос.
2. Ионное распыление.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.
3. Химическое осаждение.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
4. Электролитическое наращивание. Анодирование	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
5. Методы	<i>проработка учебного материала,</i>	2	Устный опрос.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	<i>подготовка к сдаче экзамена и</i>		
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	6	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.</b>			
1. Конструкции толстопленочных ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
<b>Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.</b>			
1. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	2,5	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
2. Присоединение выводов.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	0,5	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

			работам.
<b>Раздел.6. Герметизация ИС.</b>			
1. Конструкции корпусов ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	0,5	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	2,5	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел.7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.</b>			
1. Качество ИС. Надежность и ее свойства.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
<b>Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанозлектроника.</b>			
1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанозлектроника.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
<b>Раздел 9. Функциональная микро- и нанозлектроника.</b>			
1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

эффектов.			
2. Оптоэлектроника.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
Курсовая работа	Подготовка курсовой работы и подготовка к защите курсовой работы	36	Прием курсовой работы

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная литература

1. *Щука, А. А.* Нанoeлектроника : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. А. Щука ; под общей редакцией А. С. Сигова. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 297 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8280-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/394086>
2. *Плотников, Г. С.* Микроэлектроника: основы молекулярной электроники : учебное пособие для вузов / Г. С. Плотников, В. Б. Зайцев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 166 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-03637-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/404473>
3. Введение в микроэлектронику [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. А. Гатчин, В. Л. Ткалич, А. С. Виволанцев, Е. А. Дудников. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2010. — 114 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65811.html>  
Лицензия: до 01.10.2022
4. *Драгунов, В. П.* Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 285 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05170-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/409034>
5. *Драгунов, В. П.* Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 235 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05171-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/409035>

#### дополнительная литература

1. *Шарапов, А. В.* Микроэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Шарапов. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 138 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13948.html>
2. *Драгунов, В. П.* Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 285 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-05170-



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2020]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2020]. - URL: <https://www.biblio-online.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2020]. – URL: [http://www.studentlibrary.ru/catalogue/switch\\_kit/x2019-128.html](http://www.studentlibrary.ru/catalogue/switch_kit/x2019-128.html). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2020]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2020]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.6. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=e3ddfb99-a1a7-46dd-a6eb-2185f3e0876a%40sessionmgr4008>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2020].

### 3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2020]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2020]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2020]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. **Национальная электронная библиотека** : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2020]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. **SMART Imagebase** // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebsco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

### 6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

6.2. **Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 7. Образовательные ресурсы УлГУ:

7.1. Электронная библиотека УлГУ : модуль АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

7.2. Образовательный портал УлГУ. – URL: <http://edu.ulsu.ru>. – Режим доступа : для зарегистр. пользователей. – Текст : электронный.

Согласовано:

*Зам. наг. прот. Ключкова АВ* | *[Подпись]* | \_\_\_\_\_  
 Должность сотрудника УИТИТ | ФИО | Подпись | дата

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, для выполнения лабораторных работ и для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащенности образовательного процесса, размещенными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

## 11. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

Разработчик

*[Подпись]*

подпись

Зав.кафедрой радиофизики и электроники Гурин Н.Т.

должность ФИО