


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



УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от 18 июня 2023 г. протокол № 9  
(Рыбин В.В.)  
дпись, расшифровка подписи)  
«30» ИЮНЯ 2023 Г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	"МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА "
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Радиофизики и электроники (РФЭ)
Курс	2

Направление (специальность) 03.04.02 ФИЗИКА магистерская программа

код направления (специальности), полное наименование

Направленность (профиль/специализация) \_  
**Физика полупроводников. Микроэлектроника.**

полное наименование

Форма обучения Очная

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

Дата введения в учебный процесс УлГУ: « 01 » сентября 2023 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

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой РФЭ, реализующей дисциплину	Заведующий выпускающей кафедрой РФЭ
 Подпись // Гурин Н.Т. / ФИО	 Подпись // Гурин Н.Т. / ФИО
« <u>23</u> » <u>июня</u> <u>2023</u> г.	« <u>23</u> » <u>июня</u> <u>2023</u> г.

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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Целью дисциплины** «Микро- и наноэлектроника» является подготовка физика к деятельности по разработке и исследованию одного из важнейших компонентов современной электроники - интегральных микросхем и функциональных микроэлектронных устройств.

**Основными задачами изучения дисциплины** являются:

- сообщить студенту принципы создания и функционирования ИС различного назначения, конструкции элементов ИС, топологии ИС, оценки надежности ИС;
- ознакомить студента с достижениями и перспективными направлениями развития микро- и наноэлектроники, проблемами качества интегральных схем, областями их применения;
- сформировать у студента навыки контроля параметров физической структуры и топологии ИС и ее элементов, контроля электрических параметров ИС и ее элементов, оценки надежности;
- сформировать представление о фундаментальных и конструкторско-технологических ограничениях в микроэлектронике и о функциональной микроэлектронике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина "Микро- и наноэлектроника" (Б1.В.01) относится к вариативной части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) магистров по направлению 03.04.02 «Физика», преподается во 2-м семестре 1-ого курса магистрантам очной формы обучения и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах:

Иностранный язык в профессиональной деятельности и межкультурные коммуникации;  
 Микросхемотехника;  
 Физика активных элементов;  
 Научно-исследовательская работа 1;  
 Научно-исследовательская работа 2;  
 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:


ПК-2 – способность оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и представлять научно-исследовательские результаты на семинарах и конференциях;

ПК-3 - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности;

ПК-4 - способность моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики.;

Данная дисциплина является предшествующей для следующих дисциплин:


Методические проблемы научных исследований в профессиональной деятельности  
 Электроника СВЧ;

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

Оптоэлектронные устройства;  
 Материалы электронной техники;  
 СВЧ-приборы и интегральные микросхемы;  
 Телекоммуникационная техника и волоконная оптика;  
 Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности;  
 Проектная деятельность;  
 Преддипломная практика;  
 Научно-исследовательская работа 4;  
 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**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Описание компетенции</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций</b>
ПК-2 Научно-профессиональная деятельность	способность оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и представлять научно-исследовательские результаты на семинарах и конференциях.	Знать: методики планирования и организацию исследования параметров и характеристик полупроводниковых и других элементов ИС и правила оформления научно-технической документации. Уметь: осуществлять планирование и исследование параметров и характеристик полупроводниковых и других элементов ИС и оформлять научные отчеты, обзоры, доклады. Владеть: навыками планирования исследований, самостоятельного исследования параметров и характеристик элементов ИС, оформления и представления результатов на научных семинарах и конференциях.
ПК-3 Организационно-инновационная педагогическая деятельность	способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты	Знать: физику полупроводников, физику работы, конструкции и технологии изготовления полупроводниковых и других элементов микро- и нанoeлектроники, необходимых для их создания, исследования и применения в научно-инновационной деятельности. Уметь: использовать знание физики

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


	научных исследований в инновационной деятельности.	<p>полупроводников, физики работы конструкции и технологии изготовления полупроводниковых и других элементов микро- и нанoeлектроники при создании, исследовании современных ИС и их применения в научно-инновационной деятельности.</p> <p>Владеть: навыками использования физики полупроводников, изготовления полупроводниковых и других элементов микро- и нанoeлектроники при создании, исследовании современных ИС и их применении в научно-инновационной деятельности.</p>
ПК-4 Опытно-конструкторская деятельность	способность моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики.	<p>Знать: принципы работы и методы моделирования и исследования элементов современных ИС и других микро- и нанoeлектронных устройств.</p> <p>Уметь: использовать знание принципов работы и новейших достижений физики при моделировании и исследовании элементов современных ИС и других микро- и нанoeлектронных устройств.</p> <p>Владеть: методами моделирования и исследования параметров и характеристик основных элементов ИС и других микро- и нанoeлектронных устройств.</p>

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) 3

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

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )	
	Всего по	В т.ч. по семестрам

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

	плану	2		
1	2	3	4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	48/48	48/48		
Аудиторные занятия:	48/48	48/48		
лекции	24/24	24/24		
Семинары и практические занятия				
Лабораторные работы,	24/24	24/24		
Самостоятельная работа	96/96	96/96		
Контроль	36/36	36/36		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, рефераты др. (не менее 2 видов)	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам		
Курсовая работа				
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен	экзамен		
Всего часов по дисциплине	180/180	180/180		


- В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения

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


Форма обучения \_\_очная\_\_\_\_\_ \

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

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий	Форма текущего контроля знаний
-------------------------	-------	----------------------	--------------------------------


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

		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.</i> · <b>Введение</b>							
1. Основные этапы и тенденции развития электроники .	2	1			1	1	Устный опрос.
2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.	3	1			1	2	Устный опрос.
<i>Раздел 2.</i> · <b>Конструкции и технологии полупроводниковых ИС</b>							
1. Основные технолог	10	4			4	6	Устный


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

ические этапы производ ства полупров одников ых ИС.							
2.Метод ы изоляции элементо в ИС..	4	1			1	3	Устный опрос.
3. Принцип ы действия и конструк ции биполярн ых транзист оров, диодов, конденса торов и резистор ов ИС.	29	1		8	9	12+8 контр.	Устный опрос. Устный опрос- допуск к выполне нию лаборато рных работ. Защита отчетов по лаборато рным работам.
4. Принцип ы действия и конструк ции полевых транзист оров с управля ющим р- п переходо м, МДП, КМДП транзист	29	1		8	9	12 + 8 контр.	Устный опрос.Ус твный опрос- допуск к выполне нию лаборато рных работ. Защита отчетов по лаборато рным




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


оров.							работам.
<i>Ра</i>							
<i>здел 3.</i>							
<b>Тонкопл</b>							
<b>еночная</b>							
<b>технолог</b>							
<b>ия ИС</b>							
1. Основны е методы тонкопле ночной технолог ии. Вакуумт ермическ ое испарени е.	10	2			2	8	Устный опрос.
2. Ионное распылен ие.	8	2			2	6	Устный опрос.
3. Химичес кое осаждени е.	3	1			1	2	Устный опрос.
4. Электрол итическо е наращив ание. Анодиро вание.	3	1			1	2	Устный опрос.
5. Методы оформле ния контуров элементо в тонкопле ночных	4	1			1	3	Устный опрос.

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


ИС.							
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	20	1		4	5	9 +6 контр.	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.	3,5	0,5			0,5	3	Устный опрос.
2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.	3,5	0,5			0,5	3	Устный опрос.
<b>Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.</b>							
1. Монтаж активных элементов,	9			1	1	4 + 4 контр.	Устный опрос. Устный опрос-

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

крепление подложки и кристаллов к основанию корпуса.							допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
2. Присоединение выводов.	5			1	1	2 + 2 контр.	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел.6. Герметизация ИС.</b>							
1. Конструкции корпусов ИС.	5			1	1	2 + 2 контр.	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по

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


							лабораторным работам.
2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов .	11			1	1	4+6 контр.	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.	3	1			1	2	
2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.	3	1			1	2	Устный опрос.
<b>Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанозлектроника.</b>							
1. Физические и конструктивно-технологические	3	1			1	2	Устный опрос.

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

пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. · Нанoeлектроника.							
<b>Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.</b>							
1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.	3	1			1	2	Устный опрос.
2. Оптоэлектроника.	3	1			1	2	Устный опрос.
3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	3	1			1	2	Устный опрос.
Итого	180	24		24	48 в т.ч.	96 +36 контроль	

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

### Раздел 1. Введение

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

Тема 1. Основные этапы и тенденции развития электроники как материальной основы технических систем обработки, передачи и хранения информации. Микроэлектроника. Нанoeлектроника. Интегральная и функциональная микроэлектроника. Терминология микроэлектроники.

Тема 2. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам степени интеграции и функциональной сложности, функциональному назначению. Виды технологии ИС.

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

Тема 1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС. Обработка полупроводниковых материалов. Маскирующие и изолирующие пленки. Фото- и опто- литография. Электронолитография, рентгенолитография. ионная литография, Диффузия. Эпитаксия. Ионное легирование. Контроль параметров слоев. Металлизация.

Тема 2. Методы изоляции элементов. Методы диодной изоляции. Методы диэлектрической изоляции. Комбинированные методы изоляции.

Тема 3. Конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.

Тема 4. Конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом ,МДП, КМДП транзисторов.

### **Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС**

Тема 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.

Тема 2. Ионное распыление. Катодное, ионноплазменное, ВЧ-плазменное распыление, плазменное анодирование.

Тема 3. Химическое осаждение. Осаждение из газовой фазы, из растворов.

Тема 4. Электролитическое наращивание. Анодирование.

Тема 5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.

Тема 6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС. Конструкции пленочных пассивных элементов. Навесные компоненты.

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

Тема 1. Конструкции толстопленочных ИС. Конструкции пассивных элементов. Подложки, пасты, трафареты.

Тема 2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.

### **Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.**

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


Тема 2. Присоединение выводов.

### **Раздел 6. Герметизация ИС.**

Тема 1. Конструкции корпусов ИС.

Тема 2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.

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

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

Тема 1. Качество ИС. Определение качества, показатели качества. Надежность и ее свойства. Показатели надежности.

Тема 2. Виды и механизмы отказа межсоединений, планарных структур. Контроль и оценка качества ИС. Виды и методы контроля качества.

### **Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Наноэлектроника.**

Тема 1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Наноэлектроника.

### **Раздел 9. Функциональная микроэлектроника.**

Тема 1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.

Тема 2. Оптоэлектроника.

Тема 3. Акустоэлектроника, магнетоэлектроника.

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

Практические и семинарские занятия не предусмотрены учебным планом.

## **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, конденсаторов и резисторов ИС.

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

**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.

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

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

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


*Данный вид работы не предусмотрен УП.*

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

**Вопросы к экзамену**

1. Основные этапы и тенденции развития электроники. Микроэлектроника. Наноэлектроника. Интегральная и функциональная микроэлектроника.
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. Фотолитография.
10. Электроно- и рентгенолитография, ионная литография.
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. Конструкции и свойства интегральных биполярных транзисторов.
20. Конструкции и свойства интегральных диодов.
21. 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.



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

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 основание 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 и наноэлектроники.
49. Функциональная микроэлектроника. Приборы с зарядовой связью.
50. Оптоэлектроника.
51. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

## **10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ**

По данной дисциплине организуется и проводится внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества 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:

проработка лекционного материала

- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену.

При проработке лекционного материала, подготовке к лабораторными занятиям и контрольным мероприятиям рекомендуется руководствоваться учебниками, учебными пособиями, методическими указаниями для выполнения лабораторных работ в том числе и информацией, полученной в Internet.


Студентам рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над лекционным материалом и подготовки к лабораторным 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, а также методических указаний для выполнения лабораторных работ)
- подготовить и оформить отчет по лабораторной работе.


Форма обучения \_\_ очная \_\_\_\_\_

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


<b>Название разделов и тем</b>	<b>Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)</b>	<b>Объем в часах</b>	<b>Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)</b>
--------------------------------	--	--------------------------	--

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


<b>Раздел 1. . Введение</b>			
1. Основные этапы и тенденции развития электроники	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена</i>	1	Устный опрос.
2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	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>	3	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>	12	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>	12	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>	8	Устный опрос.
2. Ионное распыление.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	6	Устный опрос.
3. Химическое осаждение.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.
4. Электролитическое наращивание.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.

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

Анодирование			
5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	3	Устный опрос.
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	9	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>	3	Устный опрос.
2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	3	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>	4	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>	2	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита

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

			отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел.6. Герметизация ИС.</b>			
1. Конструкции корпусов ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	2	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>	4	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>	2	Устный опрос.
2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	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>	2	Устный опрос.
<b>Раздел 9. Функциональная микро- и нанозлектроника.</b>			
1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.

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

физических эффектов.			
2. Оптоэлектроника.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.
3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	2	Устный опрос.


## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы основная литература:

1. 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, 2022. — 285 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05170-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489938>
- 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, 2023. — 235 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05171-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515013>
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, 2023. — 166 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03637-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/514542>
3. Шука, А. А. Нанoeлектроника : учебник для вузов / А. А. Шука ; под общей редакцией А. С. Сигова. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 297 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8280-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512141>

### дополнительная литература:

1. Гурин, Н. Т. Полупроводниковые и оптоэлектронные приборы и структуры с отрицательным сопротивлением : монография / Н. Т. Гурин, С. Г. Новиков. — Ульяновск : УлГУ, 2020. — 379 с. — ISBN 978-5-88866-808-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/199571>
2. Драгунов, В. П. Микро- и нанoeлектроника : Сборник задач и примеры их решения : учеб. пособие / Драгунов В. П. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 50 с. - ISBN 978-5-7782-2615-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226159.html>
3. Троян, П. Е. Микроэлектроника : учебное пособие / П. Е. Троян. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 346 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/13947.html>
4. Шарапов, А. В. Микроэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Шарапов. — Электрон. текстовые данные. — Томск : Томский государственный

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

университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. — 138 с. — 2227-8397. —  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13948.html>

#### учебно-методическая литература:

1. Гурин Н. Т. Исследование полупроводниковых структур методом вольт-фарадных характеристик : метод. указания к лабораторной работе по дисциплине "Микроэлектроника" / УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2016. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 969 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный.- URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/278>
2. Гурин Н. Т. Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" : методические указания / УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2018. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,46 Мб). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный.- URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/1392>
3. Гурин Н. Т. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Микро- и наноэлектроника» по направлению 03.03.03 «Радиофизика» (уровень бакалавриата) очной формы обучения / УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2020. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 351 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/5159>
4. Лабораторные работы по дисциплине «Микро- и наноэлектроника» : методические указания. Часть 2 / сост. д.ф.-м.н., проф. Н. Т. Гурин ; Ульян. гос. ун-т, Инж.-физ. фак. высоких технологий. - Ульяновск : УлГУ, 2022. - 60 с. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/12665>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный.

Согласовано:

Ведущий специалист\_ООП\_\_\_\_\_ / Чамеева А.Ф. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ 2023г.  
(Должность работника научной библиотеки) ( ФИО ) (подпись) (дата)

#### б) Программное обеспечение \_\_\_\_\_

Лицензионные математические пакеты: Maple, пакет программ Мой Офис Стандартный, ОС Альт Рабочая станция 8.

#### в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

##### 1. Электронно-библиотечные системы:


1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва,





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

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 оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».

### **13. 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.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик



подпись

Зав.кафедрой РФЭ Гурин Н.Т.\_

должность ФИО