

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от 24 мая 2023 г. протокол № 10  
Председатель \_\_\_\_\_ (Рыбин В.В.)  
(подпись, расшифровка подписи)



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Микро- и нанoeлектроника</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Наименование кафедры	<b>Кафедра радиофизики и электроники (РФЭ)</b>
Курс	<b>4</b>

Направление (специальность): **03.03.03 – радиофизика** (бакалавриат)

Направленность (профиль/специализация): **Твердотельная электроника и нанoeлектроника**

Форма обучения **очная**

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

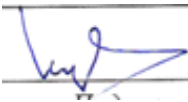
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № 1 от 29.08 2024 г.

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		
		
Н.Т./	/	Гурин
« <u>16</u> »	Подпись <u>05</u>	ФИО 2023 г.

## 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 нанолетронных 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 нанолетронике;
- подготовка студентов к освоению последующих спецкурсов, выполнению курсового проекта, дипломной работы.

### 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:

Дисциплина «Микро- и нанолетроника» (Б1.В1.ДВ02.01) относится к части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавров по направлению 03.03.03 «Радиофизика», формируемой участниками образовательных отношений, преподается в 7-м семестре 4-ого курса бакалаврам очной формы обучения после завершения общего курса и базируется на следующих предшествующих учебных дисциплинах

+	Б1.О.16	Предпрофессиональный электив. Основы твердотельной электроники и нанолетроники		4		
+	Б1.О.17	Математический анализ	12			
+	Б1.О.18	Аналитическая геометрия и линейная алгебра	12			
+	Б1.О.19	Информатика		1		
+	Б1.О.20	Физика	1234			
+	Б1.О.21	Химия		1		
+	Б1.О.22	Теория вероятностей и математическая статистика		4		
+	Б1.О.23	Дифференциальные уравнения и дискретная математика		3		
+	Б1.О.26	Инженерная графика		2		
+	Б1.О.27	Материаловедение		4		
+	Б1.О.28	Метрология, стандартизация и сертификация		4		
+	Б1.О.29	Векторный и тензорный анализ		3		
+	Б1.О.30	Методы математической физики		2		
+	Б1.О.31	Теория колебаний		5		
+	Б1.О.32	Теоретические основы электротехники	5			
+	Б1.О.33	Электродинамика СВЧ	6			

+	Б1.О.42	Физическая электроника	6			
+	Б1.О.43	Полупроводниковая электроника	6			
+	Б1.О.45	Электродинамика		6		
+	Б1.О.47	Численные методы и математическое моделирование		1		
+	Б1.О.48	Основы схемотехники		1		
+	Б1.О.49	Интегральные уравнения и вариационное исчисление		3		
<b>Б1.В.1.Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>						
+	Б1.В.1.04	Физика активных элементов	5			
+	Б1.В.1.07	Профессиональный электив. Научные основы школьного курса физики		5		
+	Б1.В.1.08	Профессиональный электив. Педагогическая этика преподавателя		6		
+	Б1.В.1.09	Полупроводниковые приборы с отрицательным дифференциальным сопротивлением	6			
+	Б1.В.1.ДВ.01	<b>Дисциплины (модули) по выбору 3 (ДВ.3)</b>	<b>5</b>			
+	Б1.В.1.ДВ.01.01	Физика конденсированных сред	5			
-	Б1.В.1.ДВ.01.02	Физические основы технологии ИМС	5			
+	Б1.В.1.ДВ.03	<b>Дисциплины (модули) по выбору 6 (ДВ.6)</b>		<b>5</b>		
+	Б1.В.1.ДВ.03.01	Основы электро- и радиоизмерений		5		
-	Б1.В.1.ДВ.03.02	Основы радиоизмерений		5		
+	Б1.В.1.ДВ.04	<b>Дисциплины (модули) по выбору 7 (ДВ.7)</b>	<b>6</b>			
+	Б1.В.1.ДВ.04.01	Оптоэлектронные устройства	6			
-	Б1.В.1.ДВ.04.02	Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС	6			
<b>Б1.В.2.Дисциплины (модули) по физической культуре и спорту</b>						
+	Б1.В.2.01	Элективные дисциплины по физической культуре и спорту		23456		
<b>Блок 2.Практика</b>						
<b>Обязательная часть</b>						
+	Б2.О.01(У)	Проектная деятельность			4	
<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>						
+	Б2.В.01(У)	Ознакомительная практика			3	
<b>ФТД.Факультативные дисциплины</b>						
<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>						
+	ФТД.В.02	Конструирование интегральных микросхем, микросборок и СВЧ-модулей		6		

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; базовые знания, умения, навыки в области общей и теоретической физики и радиофизики, необходимые для получения компетенций:

ПК-2. Выполнение научно-исследовательских работ электронных средств
ПК-3. Разработка рекомендаций и заключений по использованию результатов научно-исследовательских работ электронных средств

Данная дисциплина является предшествующей для следующих дисциплин:

+	Б1.О.40	Статистическая радиофизика и нанооптика	8			
+	Б1.О.46	Термодинамика и статистическая физика	8			
<b>Б1.В.1.Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>						
+	Б1.В.1.02	Практикум по интегральной и волоконной оптике		8		
+	Б1.В.1.05	Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок	8			
<b>Блок 2.Практика</b>						
<b>Обязательная часть</b>						
+	Б2.О.02(П)	Научно-исследовательская работа			8	
<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>						
+	Б2.В.02(Пд)	Преддипломная практика			8	
<b>Блок 3.Государственная итоговая аттестация</b>						
+	Б3.01	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				
+	Б3.02	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена	8			

## 2. 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.*

<i>Код и наименование профессиональной компетенции выпускника</i>	<i>Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения профессиональной компетенции</i>
---	--

ПК-2. Выполнение научно-исследовательских работ электронных средств	<p>ИД-1пк2 Знатьобщие сведения о составе документации на проведение НИР электронных средств</p> <p>ИД-2пк2 Уметьопределить вид документации на проведение НИР и осуществлять поиск в сети "Интернет" материально-технических и информационных ресурсов для обеспечения НИР электронных средств</p> <p>ИД-3пк2 Владетьнавыками определения вида документации на проведение НИР электронных средств</p>
ПК-3. Разработка рекомендаций и заключений по использованию результатов научно-исследовательских работ электронных средств	<p>ИД-1пк3 Знатьосновные этапы разработки и внедрения новой научной продукции</p> <p>ИД-2пк3 Уметьопределять этап готовности научной разработки к внедрению</p> <p>ИД-3пк3 Владетьнавыками определения состояния разработки и внедрения новой продукции</p>

### 3. 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	72	72		

работа				
Контроль	36	36		
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферати 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		
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 .	3	1				2(в т.ч. контроль 1)	Устный опрос.
2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.	4	1				3( в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
<i>Раздел 2. . Конструкции и технологии полупроводниковых ИС</i>							
1. Основные технологические этапы производства	16	6				10 (в т.ч. контроль 3)	Устный

полупроводниковых ИС.							
2. Методы изоляции элементов ИС..	10	2				8 (в т.ч. контроль 2)	Устный опрос.
3. Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.	33	2		20	20	11(в т.ч. контроль 5)	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.	26	2		8	8	16(в т.ч. контроль 6)	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС</b>							
1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение.	12	4				8(в т.ч. контроль 3)	Устный опрос.

2. Ионное распыление.	4	2				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
3. Химическое осаждение.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
4. Электролитическое наращивание. Анодирование.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	12	2				10(в т.ч. контроль 3)	Устный опрос.
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	16	2		4	4	10(в т.ч. контроль 5)	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	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
<b>Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.</b>							
1. Монтаж	4,5	0,5		2	2	2(в т.ч.	Устный



активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса.						контроль 0,5)	опрос. Устный опрос- допуск к выполнен ию лаборато рных работ. Защита отчетов по лаборато рным работам.
2. .Присоединени е выводов.	2,5	0,5				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
<b>Раздел.6. Герметизация ИС.</b>							
1. Конструкции корпусов ИС.	2,5	0,5				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.	4,5	0,5		2	2	2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос. Уст ный опрос- допуск к выполнен ию лаборато рных работ. Защита отчетов по лаборато рным работам.
<b>Раздел.7. Качество и надежность микросэлектронных устройств.</b>							
1. Качество ИС. Надежность и ее свойства.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	
2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.

оценка качества ИС.							
<b>Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанoeлектроника.</b>							
1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанoeлектроника.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
<b>Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.</b>							
1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
2. Оптоэлектроника.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	3	1				2(в т.ч. контроль 0,5)	Устный опрос.
Всего	180	36		36		108(в т.ч. контроль 36)	
Итого	180	36		36	36 в т.ч.	72	

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИЛИНЫ (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. Электронолитография, 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.
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. Нанoeлектроника.**

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

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

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

2. Оптоэлектроника.
3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

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

*Данный вид работы не предусмотрен УП.*

## **6. 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 №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.**

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

Не предусмотрены учебным планом

## **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-, плазменно-химическая, ионная обработка полупроводниковых материалов.
8. Маскирующие и изолирующие пленки.
9. Оптолитография.
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. 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.

## 8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

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, в т. ч. контроль), 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;

При подготовке к лабораторным занятиям подготовке 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. Необходимо также использовать монографии, статьи из периодических изданий и иные научные публикации..

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.

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 электроники	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
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>	4	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>	10	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>	6	Устный опрос.
2. Ионное распыление.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	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 оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	6	Устный опрос.
6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	11	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению

			лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел 4. Толсто пленочная технология ИС.</b>			
1. Конструкции толсто пленочных ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
2. Основные технологические операции в производстве толсто пленочных 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>	1	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>	1	Устный опрос. Устный опрос-допуск к выполнению лабораторных работ. Защита отчетов по лабораторным работам.
<b>Раздел.б. Герметизация ИС.</b>			
1. Конструкции корпусов ИС.	<i>проработка учебного материала, подготовка к лабораторным работам и сдаче экзамена</i>	1	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>	1	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. Нанoeлектроника.</b>			
1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанoeлектроника.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
<b>Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.</b>			
1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.	<i>проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена и</i>	1	Устный опрос.
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.
Всего часов		72	

## **9. 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. Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебник для вузов / А. А. Щука ; 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 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 нанoeлектроника" : 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 нанoeлектроника» 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 нанoeлектроника» : 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)

## в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные 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, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2023].

### 3. Базы данных периодических изданий:

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**6. Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека»

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника УИГТ 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

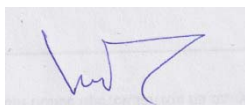
В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– 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  
Гурин Н.Т.



подпись

Зав.кафедрой радиопизики и электроники

должность ФИО



**1. Электронно-библиотечные системы:**

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – 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, [2024]. - 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, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

**3. eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

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

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / 16.05.2024  
Должность сотрудника УИГТ / ФИО / подпись / дата