

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Трехгорный технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ТТИ НИЯУ МИФИ)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ТТИ НИЯУ МИФИ

\_\_\_\_\_ Т.И. Улитина

«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ»**

**Специальность:** 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

**Специализация:** Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

**Квалификация (степень) выпускника:** инженер

**Форма обучения:** очная

Трехгорный  
2021

## **1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе изучения дисциплины «Интегральные устройства электроники» у студентов появляется целостное представление о конструкции интегральных микросхем, о взаимосвязи функциональных и конструктивно-технологических параметров микросхем.

### **1.1 Цели дисциплины**

Дать целостное представление о конструкции интегральных микросхем, о взаимосвязи функциональных и конструктивно-технологических параметров микросхем; ознакомить с особенностями конструктивного решения интегральных микросхем на транзисторах различного типа.

### **1.2 Задачи дисциплины**

- приобретение обучающимися знаний в области проектирования интегральных устройств радиоэлектроники, как теоретической основы для прохождения практик и выполнения выпускной квалификационной работы;
- приобретение обучающимися навыков реализации теоретических знаний на практике в рамках выполнения лабораторных работ с применением интерактивных методов и закреплении соответствующих компетенций согласно ООП подготовки бакалавров по направлению «Конструирование и технология электронных средств».

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – Б1.В.ОД.13.

Освоение обучающимися дисциплины «Интегральные устройства электроники» опираются на знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин:

- Физика;

- Химия.
- Физические основы электроники

Знания, умения и навыки, полученные при освоении дисциплины «Интегральные устройства электроники», являются необходимыми для освоения последующих дисциплин:

- учебная практика;
- производственная практика.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1 Универсальные и профессиональные компетенции**

Изучение дисциплины «Интегральные устройства электроники» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

– способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-3);

– способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-4).

#### **3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения**

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современного измерительного, диагностического и технологического оборудования;
- основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.

**уметь:**

- подготавливать научные публикации на основе результатов исследований;
- выполнять методики измерения параметров активной части схемы с учетом электрических параметров корпуса и трассировки коммутационных плат изделий, формировать базу данных измерений параметров активной части схемы с учетом электрических параметров корпуса и трассировки коммутационных плат изделий.

**владеть:**

- навыками использования методов решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий;
- способами обработки, представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.

### 3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
<b>Профессиональный модуль</b>		
<b>Профессиональное воспитание</b>	- формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости

		<p>результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
	<p>- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения <b>(B18)</b></p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
	<p>- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка <b>(B19)</b></p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Основы научных исследований", «"Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Введение в специальность", "Основы научных исследований", "Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических</li> </ul>

<p>- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства <b>(B20)</b>;  - формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения <b>(B21)</b>;  - формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности <b>(B22)</b></p>		<p>предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p> <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.  2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:  - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
	<p>- формирование культуры информационной безопасности <b>(B23)</b></p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.</p>
<p><b>УГНС 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи»:</b>  - формирование навыков коммуникации и командной работы при разработке электронных средств <b>(B27)</b>;  - формирование культуры безопасности при работе в</p>		<p>1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Основы конструирования электронных средств", "Схемо- и системотехника электронных средств", "Технология производства электронных средств", "Конструирование механизмов и несущих конструкций радиоэлектронных средств", "Конструирование деталей и узлов радиоэлектронных средств» для формирования профессиональной коммуникации, а также привития навыков</p>

	<p>электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории (B28)</p>	<p>командной работы за счет использования методов коллективных форм познавательной деятельности, командного выполнения учебных заданий по разработке электронных средств, курсовых работ/проектов и защиты их результатов;</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала учебной практики и профильной дисциплины "Технология поверхностного монтажа" для формирования культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории через выполнение студентами практических заданий.</p>
--	-------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины в 7 семестре составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел*
			Лекции	Лаб. работы	Прак. работы	Самост. работа			
7 семестр									
1	Раздел 1	1-4	4	-	9	13	УО1	T1	10
2	Раздел 2	5-8	5	-	9	14	УО2	KP1	15
3	Раздел 3	9-12	4	-	9	13	УО3	T2	10
4	Раздел 4	13-18	5	-	9	14	УО4	KP2	15
Итого			18	-	36	54			50
Зачет с оценкой			-						50
Итого за семестр									100

#### 4.1 Содержание лекций

**7 семестр**

## **Раздел 1. Классификация интегральных микросхем.**

Тема 1.1. Предмет микроэлектроники.

Тема 1.2. Деление интегральных микросхем на полупроводниковые и гибридные.

Тема 1.3. Классификация интегральных микросхем по типу транзистора.

Тема 1.4. Классификация интегральных микросхем по функциональной сложности и функциональному назначению.

## **Раздел 2. Активные элементы интегральных микросхем.**

Тема 2.1. Структура интегральных биполярных транзисторов.

Тема 2.2. Разновидности п-р-п- и р-п-р- биполярных транзисторов.

Тема 2.3. Структура интегральных МОП-транзисторов и их разновидности.

Тема 2.4. Интегральные полевые транзисторы.

Тема 2.5. Интегральные диоды.

Тема 2.6. Интегральные транзисторы на основе АШВIV соединений.

## **Раздел 3. Пассивные элементы интегральных микросхем.**

Тема 3.1. Резисторы полупроводниковых интегральных микросхем.

Тема 3.2. Тонкопленочные резисторы гибридных интегральных микросхем.

Тема 3.3. Конденсаторы полупроводниковых интегральных микросхем.

Тема 3.4. Тонкопленочные конденсаторы гибридных интегральных микросхем.

Тема 3.5. Пленочные катушки индуктивности.

## **Раздел 4. Основные схемотехнические структуры интегральной микроэлектроники.**

Тема 4.1. Методы изоляции интегральных структур.

Тема 4.2. Интегральные схемы на биполярных структурах.

Тема 4.3. Структуры интегральных схем на МОП и КМОП - транзисторах.

Тема 4.4. Структура элементов памяти на ЛИПЗМПД- транзисторах.

Тема 5.1. Интегральные структуры оптоэлектроники.

Тема 5.2. Интегральные структуры акустоэлектроники.

Тема 5.3. Интегральные структуры магнитоэлектроники.



#### **4.2. Тематический план практических работ**

1. Работа над файлом проекта. Составление последовательности технологических операций изготовления фрагмента интегральной микросхемы.
2. Работа над файлом проекта Составление отчета по лабораторной работе. Защита проекта «топология фрагмента интегральной микросхемы»
3. Прорисовка топологии фрагмента интегрально микросхемы в гибридном исполнении.
4. Составление последовательности технологических операций изготовления фрагмента ГИС.
5. Расчет геометрических размеров областей активных и пассивных элементов фрагмента интегральной микросхемы, выбор конструкции и технологии изготовления.
6. Работа над файлом проекта. Прорисовка топологии фрагмента интегральной микросхемы по вариантам

#### **4.3. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельное изучение лекционного материала по темам:

1. Технология изготовления тонкопленочных гибридных интегральных схем, танталовая технология, алюминиевая технология. Материалы тонкопленочных элементов, подложек, проводников и контактных площадок.
2. Конструктивное исполнение гибридных интегральных схем. Связь конструктивных параметров и электрических параметров.
3. Элементы криоэлектроники. Структура, топология, основные параметры.

## **5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с компетентностным подходом выпускник вуза должен не просто обладать определенной суммой знаний, а уметь при помощи этих знаний решать конкретные задачи производства.

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ ВПО по направлению подготовки 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в специализированной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением и контролем конспекта.

Практические занятия проводятся также с применением мультимедийного проектора с разбором типовых решений.

Текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и в целом по дисциплине проводится в форме компьютерного или бумажного тестирования, а также выполнением самостоятельных работ по решению задач.

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

**Перечень оценочных средств, используемых для текущей аттестации**

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>7 семестр</b>			
T1	Тест №1	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий
T2	Тест №2		
KP1	Контрольная работа №1	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
KP2	Контрольная работа №2		
YO1	Устный опрос №1	Средства проверки знаний теоретического материала по курсу	Перечень вопросов
YO2	Устный опрос №2		
YO3	Устный опрос №3		
YO4	Устный опрос №4		

### **Расшифровка компетенций через планируемые результаты обучения**

Связь между формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
ОПК-3	31, 32	У1, У2	В1, В2	7 семестр: Т1, Т2, КР1, УО1, УО2, УО3, УО4
ОПК-4	31, 32	У1, У2	В1, В2	7 семестр: Т1, КР2, УО1, УО2, УО3, УО4

### **Этапы формирования компетенций**

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
<b>7 семестр</b>						

Раздел 1.	<p>1.Классификация интегральных микросхем. Предмет микроэлектроники. Деление интегральных микросхем на полупроводниковые и гибридные. Классификация интегральных микросхем по типу транзистора. Классификация интегральных микросхем по функциональной сложности и функциональному назначению.</p>	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО1	Т1	
Раздел 2.	<p>2.Активные элементы интегральных микросхем. Структура интегральных биполярных транзисторов. Разновидности п-р-п- и р-п-р- биполярных транзисторов. Структура интегральных МОП-транзисторов и их разновидности. Интегральные полевые транзисторы. Интегральные диоды. Итегральные транзисторы на основе АШВIV соединений.</p> <p>3.Пассивные элементы интегральных микросхем. Резисторы полупроводниковых интегральных микросхем. Тонкопленочные резисторы гибридных</p>	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО2	КР1	Зачет с оценкой

	<p>интегральных микросхем. Конденсаторы полупроводниковых интегральных микросхем. Тонкопленочные конденсаторы гибридных интегральных микросхем. Пленочные катушки индуктивности.</p>					
Раздел 3.	<p>4.Основные схемотехнические структуры интегральной микроэлектроники.Методы изоляции интегральных структур. Интегральные схемы на биполярных структурах. Структуры интегральных схем на МОП и КМОП - транзисторах. Структура элементов памяти на ЛИПЗМПД-транзисторах.</p>	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО3	Т2	
Раздел 4.	<p>5.Элементы функциональной электроники. Интегральные структуры оптоэлектроники. Интегральные структуры акустоэлектроники. Интегральные структуры магнитоэлектроники.</p>	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО4	КР2	

## Шкала оценки образовательных достижений

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Балл	Макс. балл– мин. балл
Т1	Тестовое задание №1	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	10	<b>10 – 6</b>
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	8	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	6	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<6	
Т2	Тестовое задание №2	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	10	<b>10 – 6</b>
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	8	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	6	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<6	
КР1	Контрольная работа №1	выставляется студенту, если все задания решены верно	15	<b>15 – 9</b>
		выставляется студенту, если почти все решено верно	13	
		выставляется студенту, если работа больше половины выполнена верно	10	
		выставляется студенту, если работа больше половины выполнена верно, но есть небольшие недочеты	9	
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<9	
КР2	Контрольная работа №2	выставляется студенту, если все задания решены верно	15	<b>15-9</b>
		выставляется студенту, если работа больше половины выполнена верно	13	
		выставляется студенту, если больше половины выполнено верно, но есть небольшие недочеты	9	
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<9	
ЗО	Зачет с оценкой	выставляется студенту при правильном ответе, при ответе на все дополнительные вопросы по курсу с незначительными неточностями,	50	<b>50 – 30</b>

	которые студент должен устранить в процессе беседы с преподавателем, в рамках которой он демонстрирует углубленное понимание предмета и владение ключевыми знаниями, умениями и навыками, предусмотренными данной дисциплиной		
	выставляется студенту при правильном ответе и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстраций базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	40	
	выставляется студенту при ответах на зачетные вопросы, допускается содержание некоторых неточностей	30	
	если студент не дал ответ на вопросы и не может ответить на дополнительные вопросы	<30	

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	
	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к усвоению компетенций дисциплины
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Вопросы к зачету с оценкой

1. Активные элементы интегральных микросхем. Биполярный п-р-п – транзистор. Структура, типичные параметры, эквивалентная схема.
2. Активные элементы интегральных микросхем. Биполярный п-р-п – транзистор. Структура. Маршрут изготовления
3. Активные элементы интегральных микросхем. Разновидности биполярных п-р-п – транзисторов. Особенности структуры и свойств.
4. Активные элементы интегральных микросхем. Биполярные р-п-р – транзисторы. Особенности структуры и свойств.
5. Активные элементы интегральных микросхем. Полевые транзисторы. Структура, типичные параметры, эквивалентная схема.
6. Активные элементы интегральных микросхем. Интегральные диоды. Структура, типичные параметры, эквивалентная схема.
7. Активные элементы интегральных микросхем. МДП – транзисторы. Структура. Маршрут изготовления.
8. Активные элементы интегральных микросхем. Разновидности МДП – транзисторов. Особенности структуры и свойств.



9. Активные элементы интегральных микросхем. Структура транзисторов на GaAs. Особенности структуры и свойств.

10. Пассивные элементы интегральных микросхем. Полупроводниковые резисторы. Структура, эквивалентная схема, типичные параметры.

11. Пассивные элементы интегральных микросхем. Полупроводниковые конденсаторы. Структура, эквивалентная схема, типичные параметры.

12. Пассивные элементы интегральных микросхем. Пленочные резисторы. Структура, типичные параметры, материалы.

13. Пассивные элементы интегральных микросхем. Пленочные конденсаторы. Структура, типичные параметры, материалы.

14. Схемотехнические структуры интегральной электроники.

15. Изоляция элементов интегральных микросхем. Изоляция р-п-переходом.

16. Изоляция элементов интегральных микросхем. Изоляция диэлектриком.

17. Изоляция элементов интегральных микросхем. Комбинированная изоляция.

18. Элементы акустоэлектроники.

19. Элементы магнитоэлектроники.

20. Оптоэлектроника и оптоэлектронные микросхемы.

## **7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Основная литература**

1. Макуха В. К. Микропроцессорные системы и персональные компьютеры: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / В. К. Макуха, В. А. Микерин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 156 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. —

Режим доступа: <https://urait.ru/book/mikroprocessornye-sistemy-i-personalnye-kompyutery-472123>.

2. Новиков Ю. В. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов. — 3-е изд. — Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 405 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/97564.htm>.

3. Огородников И. Н. Микропроцессорная техника: введение в Cortex-M3: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / И. Н. Огородников. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 116 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/book/mikroprocessornaya-tehnika-vvedenie-v-cortex-m3-472192>.

4. Полупроводниковая электроника [Электронный ресурс] / Рябчицкий пер., С. В. Турецкий О. Н. Ермаков. — Саратов: Профобразование, 2017. — 592 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/64060.html>.

5. Сажнев А. М. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / А. М. Сажнев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 139 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/book/cifrovye-ustroystva-i-mikroprocessory-472247> .

## **7.2 Дополнительная литература**

1. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Н. Романовский. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 123 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13933>.

2. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиозлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ М.Н. Романовский. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиозлектроники, 2012.— 127 с.— Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13932> .

### 7.3 Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
2	Электронная библиотечная система «Лань» ООО "Издательство Лань"	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
3	Электронная библиотечная система IPR BOOKS	<a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>
4	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО "РУНЭБ"	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
5	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
7	Система проверки на заимствования "РУКОНТ" ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт"	<a href="http://text.rucont.ru">http://text.rucont.ru</a>
8	НПНЭИКОН Некоммерческое партнерство "Национальный Электронно-Информационный Консорциум".	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
9	SCI-ARTICLE Публикация научных статей	<a href="http://sci-article.ru/gryps.php?i=elektr otehnika">http://sci-article.ru/gryps.php?i=elektr otehnika</a>

### 7.4 Периодические издания

1. ИНФОРМАТИКА И ОБРАЗОВАНИЕ – Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=8739](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8739) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
2. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=32094](https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094) - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, текущего контроля, промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

ТТИ НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий представлены на официальном сайте ТТИ НИЯУ МИФИ: <http://tti-mephi.ru/ttimephi/sveden/objects>