

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

«МИКРОЭЛЕКТРОНИКА СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УСТРОЙСТВ»

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

1.1 Цели дисциплины

Формирование и развитие фундаментальных физико-технических знаний в современных и перспективных областях микроэлектроники СВЧ.

1.2 Задачи дисциплины

Формирование знаний о физических процессах и явлениях в твёрдых телах, полупроводниковых приборах, микроэлектронных устройствах СВЧ; получение навыков проектирования микроэлектронных изделий СВЧ.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Микроэлектроника сверхвысококачественных устройств» (Б1.В.ОД.15) относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

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

3.1 Профессиональные компетенции

Изучение дисциплины «Микроэлектроника сверхвысококачественных устройств» 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
Профессиональный модуль		
Профессиональное воспитание	- 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 результатов научных исследований и технологических разработок.

		<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 (B18)</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 (B19)</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"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <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"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.

	<p>- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20);</p> <p>- формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21);</p> <p>- формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</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.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>- формирование культуры информационной безопасности (B23)</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 уровне пользователям.</p>
	<p>УГНС 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи»:</p> <p>- формирование навыков коммуникации и командной работы при разработке электронных средств (B27);</p> <p>- формирование культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории (B28)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Основы конструирования электронных средств", "Схемы 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 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</p>

		работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории через выполнение студентами практических заданий.
--	--	---

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины в 8 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				
Семестр 8										
1	Раздел 1	1-4	6	-	10	8	УО1	Т1	10	
2	Раздел 2	5-8	6	-	10	8	УО2	КР1	15	
3	Раздел 3	9-12	6	-	10	8	УО3	Т2	10	
4	Раздел 4	13-18	10	-	14	12	УО4 РГР	КР2	15	
Итого			28	-	44	36			50	
Зачет с оценкой			-						50	
Итого за семестр									100	

4.1 Содержание лекций

8 семестр

Раздел 1. Особенности диапазона СВЧ

Тема 1.1. Особенности проектирования твердотельных микроэлектронных устройств СВЧ.

Тема 1.2. Особенности функционирования твердотельных микродэлектронных устройств СВЧ.

Тема 1.3. Пассивные микродэлектронные устройства СВЧ.

Тема 1.4. Активные микродэлектронные устройства СВЧ.

Раздел 2. Генераторы и модуляторы СВЧ

Тема 2.1. Усилители и смесители СВЧ.

Тема 2.2. Интегральные схемы СВЧ.

Раздел 3. Физические основы приборов интегральной оптики

Тема 3.1. Антенны СВЧ и антенные решетки в интегральном исполнении.

Тема 3.2. Тенденции и перспективы дальнейшего развития микродэлектроники СВЧ.

Раздел 4. Системы автоматизированного проектирования, моделирования и анализа микродэлектронных устройств СВЧ.

Тема 4.1. Биполярный СВЧ транзистор. Полупроводниковые подложки (монокристаллы).

Тема 4.2. Эпитаксиальные моно- и гетеро- структуры.

Тема 4.3. Диэлектрическая тонкая пленка. Металлическая тонкая пленка. Фотолитография.

Тема 4.4. Маршрут изготовления транзистора и монолитной схемы. Монолитная интегральная схема.

4.2 Тематический план практических работ

1. Гибридная интегральная схема.

2. S-матрицы базовых элементов (узлов) схемы.

3. S-матрица схемы СВЧ.

4. Расчет линейного СВЧ усилителя на основе S-параметров.

5. Полевой транзистор с барьером Шоттки.

4.2.1 Самостоятельная работа студентов

Самостоятельное изучение лекционного материала по темам:

1. «Расчет теплового сопротивления транзистора»

2. «Расчет и оптимизация усилителя мощности по программе "ДИСАПР".
3. «Полевой транзистор на гетероструктурах».

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 ВО 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
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		
УО1	Устный опрос №1	Средства проверка умения грамотного изложения материала	Комплект теоретических вопросов по дисциплине
УО2	Устный опрос №2		
УО3	Устный опрос №3		
УО4	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	8 семестр: Т1, Т2, КР1, КР2, УО1, УО2, УО3, УО4, РГР
ОПК-4	31, 32	У1, У2	В1, В2	8 семестр: Т1, Т2, КР1, КР2, УО1, УО2, УО3, УО4, РГР

Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
Раздел 1	Тема 1. Особенности диапазона СВЧ. Особенности проектирования твердотельных микроэлектронных устройств СВЧ.	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО1	Т1	Зачет с оценкой
	Тема 2. Пассивные микроэлектронные устройства СВЧ. Активные		31, 32, У1, У2, В1, В2			

	микроэлектронные устройства СВЧ.					
Раздел 2	Тема 1. Генераторы и модуляторы СВЧ.	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО2	КР1	
	Тема 2. Усилители и смесители СВЧ. Интегральные схемы СВЧ.		31, 32, У1, У2, В1, В2			
Раздел 3	Тема 1. Физические основы приборов интегральной оптики	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО3	Т2	
	Тема 2. Антенны СВЧ и антенные решетки в интегральном исполнении. Тенденции и перспективы дальнейшего развития микроэлектроники СВЧ.		31, 32, У1, У2, В1, В2			
Раздел 4	Тема 1. Системы автоматизированного проектирования, моделирования и анализа микроэлектронных устройств СВЧ.	ОПК-3, ОПК-4	31, 32, У1, У2, В1, В2	УО4	КР2	
	Тема 2. Биполярный СВЧ транзистор. Полупроводниковые подложки (монокристаллы). Эпитаксиальные моно- и гетеро-структуры. Диэлектрическая тонкая пленка. Металлическая тонкая пленка. Фотолитография. Маршрут изготовления транзистора и монолитной схемы. Монолитная интегральная схема.		31, 32, У1, У2, В1, В2			

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	10 – 6
		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	<6	

		зачетной неделе		
Т2	Тестовое задание №2	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	10	10 – 6
		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	15 – 9
		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	15-9
		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	
УО	Устный опрос	- глубокое и прочное усвоение программного материала; - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания; - свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала; - правильно обоснованные принятые решения; - владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.	5	5-3
		- знание программного материала; - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос; - правильное применение теоретических знаний; - владение необходимыми навыками при выполнении практических задач.	4	
		- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки; - нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практических заданий;	3	
		- не знание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практических работ.	<3	
РГР	Расчетно-графическая работа	выставляется студенту, если 90-100% работы выполнено правильно	15-14	15-9
		выставляется студенту, если 80-89% работы выполнено правильно	13-11	
		выставляется студенту, если 60-79% работы выполнено правильно	10-9	
		при выполнении студентом менее, чем 60% задания	<9	

		работа не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе		
30	Зачет с оценкой	выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на все дополнительные вопросы по курсу с незначительными неточностями, 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	40-50	50 – 30
		выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстрацией базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	35-39	
		выставляется студенту при написанных ответах на вопросы билета (допускается содержание некоторых неточностей) и демонстрации базовых знаний, умений и навыков по данной дисциплине	30-34	
		если студент не написал ответ хотя бы на один из вопросов билета и не может ответить на дополнительные компетентностно–ориентированные 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	
3 – «удовлетворительно»	65-69	D
	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 сформированности 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 твердо 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.

<p>«неудовлетворительно» – F</p>	<p>менее 60</p>	<p>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.</p>
--	-----------------	--

Вопросы к зачету с оценкой

1. Способы и установки напыления тонких пленок металлов.
- 2 Проектирование линейных усилителей мощности по S- параметрам.
3. Физический смысл S-параметров 4-х полюсников.
4. Маршрут изготовления полевого транзистора с барьером Шоттки, состав.
5. Расчет резистора.
6. Проектирование однокаскадных линейных усилителей мощности по S-параметрам.
7. Операции резки пластин на кристаллы. Способы резки, преимущества и недостатки..
8. Корпусирование СВЧ ГИС.
9. Особенности работы гетероструктурных биполярных транзисторов по сравнению с БТ на кремнии.
10. Этапы НИР и ОКР.
11. Коаксиально-полосковые переходы СВЧ.
12. Физический смысл S-параметров 4-х полюсников.
13. Способы получения рисунка металла.
14. Операции пайки плат ГИС.
15. Принцип работы полевого транзистора с барьером Шоттки.
16. Фотошаблоны и их предназначение.
17. Операции фотолитографии.
18. Принцип работы полевого транзистора с барьером Шоттки.
19. Легирование полупроводниковых слоев. Способы и их преимущества и недостатки..
20. Корпусирование СВЧ транзистора.
21. Принцип работы полевого транзистора с барьером Шоттки.
22. Виды и характер травления полупроводниковых пленок.
23. Прямой и перевернутый монтаж кристаллов в кристаллодержатель (корпус).
24. Особенности работы гетероструктурных биполярных транзисторов по сравнению с БТ на кремнии.
25. Последовательность изготовления монолитных схем СВЧ на GaAs (рисунок).

26. Термокомпрессионная и ультразвуковая способы сварки проволок.

27. Гетероструктурный полевой транзистор на GaN.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Берикашвили В. Ш. Электроника и микроэлектроника: импульсная и цифровая электроника: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / В. Ш. Берикашвили. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 242 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/493108>.

2. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том1: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 455 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/473256>.

3. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том 2: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Г. И. Бабокин, Д. П. Вент. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 313 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/473396>.

4. Щука А. А. Электроника в 4 ч. Часть 2. Микроэлектроника: учебник для вузов [Электронный ресурс] / А. А. Щука, А. С. Сигов; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 326 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490607>.

7.2 Дополнительная литература

1. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы: учебник для вузов [Электронный ресурс] / Ю. В. Гуляев [и др.]; под редакцией Ю. В. Гуляева. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 460 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490268>.

2. Червяков Г.Г. Электронная техника: учебное пособие для вузов [Электронный

ресурс] / Г. Г. Червяков, С. Г. Прохоров, О. В. Шиндор. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 250 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/494863>.

7.3 Интернет ресурсы

№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ	https://urait.ru/
2	Электронная библиотечная система «Лань» ООО "Издательство Лань"	e.lanbook.com
3	Электронная библиотечная система IPR BOOKS	https://www.iprbookshop.ru/
4	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО "РУНЭБ"	http://elibrary.ru
5	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	http://link.springer.com/
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/
7	StudFiles (Файловый архив студентов)	https://studfile.net/preview/960265/
8	Рынок микроэлектроники. Справочник по электронным компонентам.	http://www.gaw.ru/
9	Автор Микушин А. В. All rights reserved.	https://digteh.ru/MCS51/MCS51.php
10	SCI-ARTICLE Публикация научных статей	https://sci-article.ru/gryps.php?i=elektr otehnika
11	Большая Энциклопедия Нефти и Газа	http://www.ngpedia.ru/id155581p1.html
12	ИСТИНА (Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных)	https://istina.msu.ru/journals/96319/

7.4 Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7719 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28889 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

3. ИНСТРУМЕНТ. ТЕХНОЛОГИЯ. ОБОРУДОВАНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9796 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

4. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094 – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

5. ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28006 - 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>