

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

«ФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ»

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

Целью учебной дисциплины «Физические эффекты в радиоэлектронике» является изучение физики электронных процессов в вакууме, газах, твердых телах, на границах раздела сред и принципов построения и работы электронных приборов различного назначения.

1.2 Задачи дисциплины

Задача дисциплины – изучение физических основ вакуумной и плазменной электроники: законы эмиссии, основы физики твердого тела; принципы использования физических эффектов в твердом теле в электронных приборах и устройствах твердотельной электроники; конструкции, параметры, характеристики; основные физические процессы, лежащие в основе принципов действия приборов и устройств микроволновой электроники, их параметры и характеристики, конструкции и области применения; основные физические процессы, лежащие в основе действия приборов квантовой и оптической электроники, а также особенности оптических методов передачи и обработки информации.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Физические эффекты в радиоэлектронике» относится к базовой части блока дисциплин учебного плана (Б1.Б.37).

Освоение обучающимися дисциплины «Физические эффекты в радиоэлектронике» опираются на знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин:

- Основы теории цепей.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении дисциплины «Физические эффекты в радиоэлектронике», являются необходимыми для освоения последующих дисциплин:

- Схемо- и системотехника электронных средств;
 - Физические основы микро- и нанoeлектроники,
- а также при прохождении производственной практики.

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

3.1 Общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции

Изучение дисциплины «Физические эффекты в радиоэлектронике» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

- способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения (ОПК-2).

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- современное состояние области профессиональной деятельности.

уметь:

- искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области.

владеть:

- навыками работы за персональным компьютером, в том числе пакетами прикладных программ для разработки и представления документации.

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

		<p>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 (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> <p>- 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 (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 уроне 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", "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 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</p>

		формирования культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории через выполнение студентами практических заданий.
--	--	--

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины в 6 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			
6 семестр									
1	Раздел 1	1-4	6	-	5	6	T1	KP1	10
2	Раздел 2	5-8	7	2	6	7	ЛР1	T2	15
3	Раздел 3	9-12	6	2	5	7	ЛР2	T3	10
4	Раздел 4	13-18	7	2	6	7	T4, ЛР3	KP2	15
Итого			26	6	22	27			50
Экзамен			27						50
Итого за семестр									100

4.1 Содержание лекций

Раздел 1

Вакуумная и газоразрядная электроника.

Электрон и его свойства. Электроны в металлах. Термоэлектронная эмиссия металлов. Вывод и анализ уравнения Ричардсона-Дэшмана. Простые металлические термокатоды. Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термокатоды. Эффект Шоттки. Эмиссия с поверхности полупроводников. Оксидный катод. Фотоэлектронная эмиссия. Основные

закономерности, сложные фотокатоды. Вторичная электронная эмиссия и её применение в приборах. Фотоэлектронные умножители. Автоэлектронная эмиссия. Экзоэлектронная эмиссия. Эмиссия электронов под действием ионной бомбардировки.

Электронная оптика - основные понятия. Электронные линзы. Движение электронов в магнитных полях. Магнитные линзы. Электронно-оптические системы и принципы их построения. Особенности формирования интенсивных пучков. Ионно-оптические системы. Отклонение электронов в электрических и магнитных полях. Отклоняющие системы. Принципы построения и работы электронно-лучевых приборов. Приемные, передающие, запоминающие ЭЛТ. Электронно-оптические преобразователи.

Движение электронов в режиме объемного заряда. Вольт-амперная характеристика вакуумного диода. Физические основы работы вакуумных триодов, тетродов, пентодов. Особенности движения электронов в СВЧ-полях. Наведённые токи. Физические основы работы клистронов, ламп бегущей волны, магнетронов.

Основные направления развития вакуумной электроники.

Движение электронов в газах. Столкновения. Элементарные процессы при столкновениях электронов с атомами и молекулами. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашина. Тлеющий разряд. Феноменологическое описание. Теория катодных областей разряда. Приборы тлеющего разряда. Физические основы дугового и искрового разряда. ВЧ и СВЧ разряды. Коронный разряд. Применение разрядов. Плазма - основные понятия. Параметры плазмы и их определение. Диффузионная теория плазмы. Особенности теории плазмы низкого и высокого давлений. Излучение плазмы и его применение в приборах. Газоразрядные индикаторные панели. Газоразрядные лазеры. Основные направления развития газоразрядной электроники. Физические эффекты в твердых и газообразных диэлектриках.

Поляризация, электропроводность, диэлектрические потери, проницаемость. Электропроводность диэлектриков, диэлектрические потери, диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность, виды пробоя в диэлектриках. Сегнетодиэлектрики. Пьезоэлектрики. Активные диэлектрики. Электропроводность газообразных диэлектриков. Электрoluminescence, катодoluminescence.

Раздел 2

Твердотельная электроника и микроэлектроника.

Свойства полупроводников. Влияние температуры, света, внешнего поля на электропроводность полупроводника. Термисторы, фоторезисторы, варисторы. П-Р переход и его свойства. Вывод формулы вольт-амперной характеристики п-р перехода. Пробой п-р перехода. Полупроводниковые диоды: классификация, характеристики, применение. Физические основы работы биполярного транзистора. Подход к расчету транзисторов. Ширина и емкость п-р перехода. Физические основы работы полевых транзисторов. МДП-транзисторы. Физические основы работы диодов Ганна, туннельных диодов, лавиннопролетных диодов. Многослойные структуры. Физические основы микроэлектроники. Классификация микросхем по степени интеграции и функциональному назначению. Элементы и компоненты микросхем.

Фотоэлектронные эффекты в п-р переходах. Фотодиоды, фототранзисторы, светодиоды, полупроводниковые лазеры. Основы оптоэлектроники. Основные направления развития твердотельной электроники.

Раздел 3

Квантовая электроника.

Исторические этапы развития квантовой электроники. Энергетические состояния атомов, молекул и твердых тел. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами. Спонтанные и вынужденные переходы, форма и ширина спектральных линий.

Усиление и генерация оптического излучения, методы создания инверсии. Резонаторы оптического диапазона. Активные среды лазеров. Общие особенности и характеристики лазерного излучения.

Твердотельные лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.

Газовые лазеры, устройство и принципы работы. Атомные, ионные, молекулярные газовые лазеры. Лазеры на самоограниченных переходах, эксимерные лазеры. Области применения газовых лазеров.

Фотоэлектрические явления и излучательная рекомбинация в полупроводниках. Полупроводниковые лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.

Жидкостные лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.

Раздел 4

Оптическая электроника.

Исторические этапы развития оптической электроники. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами.

Физические основы оптоэлектроники.

Элементы оптоэлектронных устройств. Источники излучения, полупроводниковые лазеры, светоизлучающие диоды. Фотоприемники. Компоненты оптических схем и световоды. Волоконно-оптические линии связи. Модуляторы, дефлекторы и преобразователи электрических сигналов. Оптические методы обработки информации. Оптические характеристики твердых тел. Механизмы оптического поглощения, влияние внешних воздействий на свойства твердых тел. Отображение информации. Оптоэлектронные датчики и преобразователи. Оптические запоминающие устройства. Основные направления и перспективы развития оптоэлектроники.

4.2 Тематический план лабораторных работ

1. Исследование осциллографической электроннолучевой трубки и кинескопа.
2. Исследование полупроводниковых фотоэлектронных приборов.
3. Исследование волоконно-оптического световода.

4.3 Тематический план практических работ

1. Расчеты плотности тока термоэмиссии и выбор материала катода по заданным требованиям. Выбор материала фотокатода по заданным требованиям. Анализ явления вторичной электронной эмиссии, выбор материала эмиттера, расчеты ФЭУ
2. Анализ работы и расчеты электрических и магнитных линз. Принципы построения электронно-оптических систем. Анализ работы и расчеты электрических и магнитных отклоняющих систем.

3. Физика работы электронно-лучевых приборов. Анализ работы и расчеты приборов в режиме объемного заряда. Анализ работы СВЧ приборов.
4. Анализ процессов столкновений электронов с тяжелыми частицами, закономерности движения заряженных частиц в газа. Несамостоятельные разряды и приборы на их основе, пробой разрядного промежутка. Анализ условий возникновения и горения тлеющего, дугового, искрового разрядов, приборы на их основе.
5. Расчеты параметров неравновесной плазмы и кинетических коэффициентов. Анализ работы лазеров и газоразрядных индикаторных панелей.
6. Полупроводниковые материалы и приборы на их основе. Расчеты характеристик электронно-дырочного перехода в равновесном состоянии. Расчеты ВАХ полупроводникового диода, ширины и емкости перехода.
7. Анализ работы и подходы к расчету транзисторов.
8. Активные и пассивные элементы микросхем, физические основы микроэлектроники. Анализ работы оптоэлектронных приборов и устройств.
9. Анализ и расчеты взаимодействия электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами. Анализ двух, трех и четырех уровневых схем генерации лазерного излучения.
10. Анализ методов создания инверсной заселенности уровней и расчеты усиления в лазерных системах. Анализ работы и оценки параметров твердотельных, полупроводниковых, газовых и жидкостных лазеров.
11. Анализ и расчеты оптических характеристик твердых тел с учетом внешних воздействий. Анализ работы, выбор источников и приемников излучения для различных областей спектра.

4.4 Самостоятельная работа студентов

1. Изучение лекционного материала по теме: «Энергетические уровни и зоны. Собственная проводимость полупроводников».
2. Изучение лекционного материала по теме: «Твист-эффект».
3. Изучение лекционного материала по теме: «Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Активные диэлектрики».
4. Изучение лекционного материала по теме: «Полукристаллические и аморфные металлы и сплавы».

5. Изучение лекционного материала по теме: «Свойства магнитных материалов в СВЧ полях».

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 специальности 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.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории на лабораторных установках бригадой студентов из 3-4 человек. Все лабораторные работы выполняются фронтально. За 2-3 дня до проведения лабораторных работ студентам выдается их описание для изучения, перед началом работ проводится тестирование студентов для проверки их готовности к выполнению лабораторных работ.

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
6 семестр			
T1	Тест №1	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий
T2	Тест №2		
T3	Тест №3		
T4	Тест №5		
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		
ЛР1	Лабораторная работа №1	Средства проверки умений и навыков применения на практике теоретических знаний Вопросы к лабораторным работам	
ЛР2	Лабораторная работа №2		
ЛР3	Лабораторная работа №3		
ЛР4	Лабораторная работа №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-2	З1	У1	В1	6 семестр: ЛР1, ЛР2, ЛР3, Т1, Т2, Т3, Т4, KP1, KP2

Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация

6 семестр

<p>Раздел 1.</p>	<p>Вакуумная и газоразрядная электроника. Электрон и его свойства. Электроны в металлах. Термоэлектронная эмиссия металлов. Вывод и анализ уравнения Ричардсона-Дэшмана. Простые металлические термодатоды. Влияние адсорбции атомов и молекул на работу выхода электронов из металла. Пленочные термодатоды. Эффект Шоттки. Эмиссия с поверхности полупроводников. Оксидный катод. Фотоэлектронная эмиссия. Основные закономерности, сложные фотодатоды. Вторичная электронная эмиссия и её применение в приборах. Фотоэлектронные умножители. Автоэлектронная эмиссия. Экзоэлектронная эмиссия. Эмиссия электронов под действием ионной бомбардировки. Электронная оптика - основные понятия. Электронные линзы. Движение электронов в магнитных полях. Магнитные линзы. Электронно-оптические системы и принципы их построения. Особенности формирования интенсивных пучков. Ионно-оптические</p>	<p>ОПК-2</p>	<p>31, У1, В1</p>	<p>Т1</p>	<p>КР1</p>	<p>экзамен</p>
------------------	--	--------------	-------------------	-----------	------------	----------------

<p>системы. Отклонение электронов в электрических и магнитных полях. Отклоняющие системы. Принципы построения и работы электронно-лучевых приборов. Приемные, передающие, запоминающие ЭЛТ. Электронно-оптические преобразователи. Движение электронов в режиме объемного заряда. Вольт-амперная характеристика вакуумного диода. Физические основы работы вакуумных триодов, тетродов, пентодов. Особенности движения электронов в СВЧ-полях. Наведённые токи. Физические основы работы клистронов, ламп бегущей волны, магнетронов. Основные направления развития вакуумной электроники. Движение электронов в газах. Столкновения. Элементарные процессы при столкновениях электронов с атомами и молекулами. Несамостоятельный разряд и его применение в приборах. Пробой разрядного промежутка. Закон Пашина. Тлеющий разряд. Феноменологическое описание. Теория катодных областей разряда. Приборы</p>					
---	--	--	--	--	--

	<p>тлеющего разряда. Физические основы дугового и искрового разряда. ВЧ и СВЧ разряды. Коронный разряд. Применение разрядов. Плазма - основные понятия. Параметры плазмы и их определение. Диффузионная теория плазмы. Особенности теории плазмы низкого и высокого давлений. Излучение плазмы и его применение в приборах. Газоразрядные индикаторные панели. Газоразрядные лазеры. Основные направления развития газоразрядной электроники. Физические эффекты в твердых и газообразных диэлектриках. Поляризация, электропроводность, диэлектрические потери, проницаемость. Электропроводность диэлектриков, диэлектрические потери, диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность, виды пробоя в диэлектриках. Сегнетодиэлектрики. Пьезоэлектрики. Активные диэлектрики. Электропроводность газообразных диэлектрико. Электролюминесценц ия, катодолюминесценци я.</p>					
Раздел 2.	Твердотельная	ОПК-2	31, У1,	ЛР1	Т2	

	<p>электроника и микроэлектроника. Свойства полупроводников. Влияние температуры, света, внешнего поля на электропроводность полупроводника. Термисторы, фоторезисторы, варисторы. П-Р переход и его свойства. Вывод формулы вольт-амперной характеристики п-р перехода. Пробой п-р перехода. Полупроводниковые диоды: классификация, характеристики, применение. Физические основы работы биполярного транзистора. Подход к расчету транзисторов. Ширина и емкость п-р перехода. Физические основы работы полевых транзисторов. МДП-транзисторы. Физические основы работы диодов Ганна, туннельных диодов, лавиннопролетных диодов. Многослойные структуры. Физические основы микроэлектроники. Классификация микросхем по степени интеграции и функциональному назначению. Элементы и компоненты микросхем. Фотоэлектронные эффекты в п-р переходах. Фотодиоды, фототранзисторы,</p>		В1			
--	--	--	----	--	--	--

	<p>светодиоды, полупроводниковые лазеры. Основы оптоэлектроники. Основные направления развития твердотельной электроники.</p>					
Раздел 3.	<p>Квантовая электроника. Исторические этапы развития квантовой электроники. Энергетические состояния атомов, молекул и твердых тел. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами. Спонтанные и вынужденные переходы, форма и ширина спектральных линий. Усиление и генерация оптического излучения, методы создания инверсии. Резонаторы оптического диапазона. Активные среды лазеров. Общие особенности и характеристики лазерного излучения. Твердотельные лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения. Газовые лазеры, устройство и принципы работы. Атомные, ионные, молекулярные газовые лазеры. Лазеры на самоограниченных переходах, эксимерные лазеры. Области применения газовых лазеров. Фотоэлектрические</p>	ОПК-2	31, У1, В1	ЛР2	Т3	

	<p>явления и излучательная рекомбинация в полупроводниках. Полупроводниковые лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения. Жидкостные лазеры, типы, особенности устройства, основные характеристики, области применения.</p>					
Раздел 4.	<p>Оптическая электроника. Исторические этапы развития оптической электроники. Взаимодействие электромагнитного излучения с атомными системами и твердыми телами. Физические основы оптоэлектроники. Элементы оптоэлектронных устройств. Источники излучения, полупроводниковые лазеры, светоизлучающие диоды. Фотоприемники. Компоненты оптических схем и световоды. Волоконно-оптические линии связи. Модуляторы, дефлекторы и преобразователи электрических сигналов. Оптические методы обработки информации. Оптические характеристики твердых тел. Механизмы оптического поглощения, влияние внешних воздействий на свойства твердых</p>	ОПК-2	31, У1, В1	Т4 ЛР3	КР2	

	тел. Отображение информации. Оптоэлектронные датчики и преобразователи. Оптические запоминающие устройства. Основные направления и перспективы развития оптоэлектроники.					
--	--	--	--	--	--	--

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	5	5 – 3
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	3	
		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	<3	
Т2	Тестовое задание №2	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	5	5 – 3
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	3	
		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	<3	
КР1	Контрольная работа №1	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.	10	10 – 6
		выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	9-8	
		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.	7-6	

		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.	<6	
КР2	Контрольная работа №2	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.	10	10 – 6
		выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	9-8	
		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.	7-6	
		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.	<6	
Э	Экзамен	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
Э	Экзамен	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	0-39
		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	

Шкала оценки лабораторных работ

5 баллов – все расчеты произведены верно, присутствуют нужные схемы и рисунки, указаны ключевые формулы, правильно сделан вывод, работа оформлена аккуратно;
4 балла - все расчеты произведены верно, присутствуют нужные схемы и рисунки, указаны ключевые формулы, сделан ошибочный вывод, работа оформлена аккуратно;

3 балла – работа оформлена небрежно, рисунки и схемы не отражают сути происходящих явлений, либо вообще отсутствуют, но при этом все расчеты произведены верно, указаны ключевые формулы, правильно сделан вывод;

2 балла – указаны нужные формулы, расчеты произведены верно, но вывод и изображения отсутствуют;

1 балл – нужные формулы указаны, но расчет произведен не правильно, вывод и рисунки либо отсутствуют, либо не верны.

5 баллов	Отлично	Тема освоена полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы.
4 балла	Хорошо	Теоретическое содержание темы освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно.
3 балла	Удовлетворительно	Теоретическое содержание темы освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы.
Меньше 3 баллов	Неудовлетворительно	Очень слабые знания, недостаточные для понимания темы, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

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
	65-69	E
3 – «удовлетворительно»	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 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 экзамену

1. В чем особенности термоэлектронной эмиссии с поверхности полупроводников.
2. Нарисуйте зонную структуру оксидного катода и опишите физику его работы.
3. Нарисуйте зонную структуру сурьмяно-цезиевого фотокатода и опишите физику его работы.
4. На каких объектах и при каких условиях можно получить эффективно работающий матричный автоэлектронный эмиттер.
5. Нарисуйте ВАХ вакуумного диода и опишите ее.
6. Какова роль защитной сетки в пентоде и как ее наличие влияет на параметры прибора. Ответ проиллюстрируйте графиком распределения потенциала в пентоде.
7. Нарисуйте схему и опишите работу катодной линзы.
8. Каковы особенности фокусировки электронов в короткой магнитной линзе и где она применяется.

9. Нарисуйте схему и рассмотрите принцип работы тетродной электронно-оптической системы.
10. Каковы принципы работы осциллографических электронно-лучевых трубок.
11. Как работает замедляющая система в СВЧ приборах.
12. Проанализируйте траектории движения электронов в ускоряющем и замедляющем СВЧ полях.
13. Нарисуйте функцию возбуждения атомов или молекул при электронном ударе и объясните ее ход.
14. Рассмотрите процесс диссоциации молекул при возбуждении электронных состояний при электронном ударе.
15. Рассмотрите процесс ион-ионной рекомбинации, запишите его кинетическое уравнение.
16. Что такое несамостоятельный разряд и как он возникает.
17. Сформулируйте условия возникновения дугового разряда и дайте его феноменологическое описание.
18. Укажите применения катодных областей тлеющего разряда в технике и технологии.
19. Высокочастотные разряды и их применение.
20. Рассмотрите методы экспериментального определения концентраций частиц плазмы.
21. Нарисуйте типичную функцию распределения электронов по энергиям и обсудите ее.
22. Укажите основные исходные предпосылки и ограничения диффузионной теории плазмы.
23. Укажите основные исходные предпосылки и ограничения теории плазмы высокого давления.
24. Укажите основные исходные предпосылки и ограничения теории плазмы низкого давления.
25. Сформулируйте основные принципы использования газового разряда в системах отображения информации.
26. Опишите принцип работы термистора.

27. Опишите принцип работы фоторезистора.
28. Назовите основные типы электрических переходов.
29. От каких факторов зависит ширина n-p перехода в равновесном состоянии.
30. Нарисуйте идеальную вольт-амперную характеристику n-p перехода и объясните ее ход.
31. Как влияет внешнее напряжение на ширину и емкость n-p перехода.
32. Рассмотрите применение полупроводникового диода для выпрямления напряжения.
33. Причины и условия теплового пробоя n-p перехода.
34. Причины и условия лавинного пробоя n-p перехода.
35. Причины и условия туннельного пробоя n-p перехода.
36. Опишите принципы стабилизации напряжения с помощью полупроводниковых диодов.
37. Какие преимущества имеет гетеропереход при использовании его в полупроводниковых приборах.
38. Сформулируйте условия проявления туннельного эффекта в n-p переходе.
39. Нарисуйте зонную структуру туннельного диода и поясните ее.
40. Нарисуйте ВАХ туннельного диода и объясните ее.
41. Нарисуйте ВАХ обращенного диода и объясните ее.
42. Нарисуйте принципиальную схему биполярного транзистора и объясните принцип его работы.
43. Нарисуйте принципиальную схему и объясните физику работы тиристора.
44. Нарисуйте принципиальную схему полевого транзистора с n-p переходом и сформулируйте принцип его работы.
45. Нарисуйте принципиальную схему МДП транзистора с индуцированным каналом и опишите его работу.
46. Нарисуйте стоко-затворную характеристику МДП транзистора с индуцированным каналом и объясните ее.
47. Укажите области применения МДП транзисторов.
48. Как классифицируются микросхемы по конструктивно – технологическим признакам.

49. Укажите основные способы изоляции в микросхемах, обсудите их достоинства и недостатки.
50. Укажите основные направления развития в производстве микросхем.
51. Общее устройство и краткое описание основных элементов лазера.
52. Рассмотрите варианты реализации трехуровневых систем и кратко их характеризуйте.
53. Сравните особенности получения генерации в трех и четырехуровневых системах.
54. Кольцевые резонаторы, области их применения.
55. Монохроматичность лазерного излучения, чем она характеризуется.
56. Яркость и мощность излучения лазеров. Плотность мощности.
57. Гелий – неоновый лазер (состав активной среды, длина волны и параметры излучения, области применения).
58. Лазеры на молекулах азота и водорода (состав активной среды, длина волны и параметры излучения, области применения).
59. Нарисуйте схему и опишите принцип работы полупроводникового инжекционного лазера.
60. Какими факторами определяется расходимость лазерного излучения.
61. Почему лазеры на парах меди могут работать только в импульсном режиме.
62. Какие материалы используются для создания светодиодов и какими параметрами характеризуется их работа.
63. Физика фотоэлектрического эффекта в n-p переходе.
64. Особенности работы лавинных фотодиодов.
65. Где применяются и какие функции выполняют оптопары.
66. В чем заключается электрооптический эффект Керра.
67. Нарисуйте схему и объясните принцип действия дефлектора.
68. За счет чего достигаются минимальные потери в световоде.
69. Как осуществляется запись и считывание информации с оптических дисков.
70. Возможности запоминающих голографических устройств.

71. Рассмотрите основные эффекты в жидких кристаллах, используемые для отображения информации.
72. Достоинства и недостатки жидкокристаллических экранов.
73. Параметры современных жидкокристаллических экранов.
74. Физические основы электролюминесценции.
75. Проанализируйте особенности, достоинства и недостатки светодиодных экранов в сравнении с другими системами отображения информации.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Аплеснин С. С. Элементы квантовой механики в физике твердого тела: учебное пособие [Электронный ресурс] / С. С. Аплеснин, М. Н. Ситников, Л. В. Удод. — 2-е изд. — Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2020. — 144 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/107239.html>.
2. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс] / И. Е. Иродов. — 8-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 259 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/105767.html>.
3. Корнилов В.М. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]/ В.М. Корнилов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2020. – 99 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. – Режим доступа: <https://reader.lanbook.com/book/170433#2>.
4. Михайлов А. И. Физические основы твердотельной электроники: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. И. Михайлов, С. А. Сергеев. — 2-е изд., изм. — Саратов: СГУ, 2020. — 192 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/194743>.
5. Смирнов Ю. А. Физические основы электроники: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-

Петербург: Лань, 2021. — 560 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168522>.

7.2 Дополнительная литература

1. Дорогой С. В. Физические основы электроники. Контакты металл–полупроводник: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / С. В. Дорогой. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 50 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/98757.htm>.
2. Матвеев Д. Ю. Physics of the solid state = Физика твердого тела: учебное пособие [Электронный ресурс] / Д. Ю. Матвеев. — Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2019. — 124 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/99527.html>.
3. Толмачёв В. В. Физические основы электроники [Электронный ресурс] / В. В. Толмачёв, Ф. В. Скрипник. — 2-е изд. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 496 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/92021.html>.
4. Чернышев А. П. Введение в физику твердого тела и нанофизику. Специальный курс физики. Конспект лекций: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. П. Чернышев. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 88 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/99170.html>.

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-ARTICL Публикация научных статей	https://sci-article.ru/gryps.php?i=elektrotehnika
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/
13	Международный научно-практический журнал «Программные продукты и системы»	http://www.swsys.ru/index.php?page=infotg&id=57
14	KMSOFT (Научные статьи)	http://kmssoft.ru/lc/C012

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

4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8742 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

5. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094 – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
6. 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>