

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	2	72	30	30	0		12	0	3
Итого	2	72	30	30	0	0	12	0	

АННОТАЦИЯ

СВЧ-электроника сегодня является одним из основных векторов развития всей индустрии электроники. Это глобальный тренд, охватывающий все возможные области электроники – от технологий производства материалов, приборных структур, электронных компонентов до радиоэлектронной аппаратуры, конечных изделий, а также систем и комплексов на их основе. В настоящее время расширяется область применения радиоэлектронных средств сверхвысокого диапазона частот. В связи с расширением физических возможностей радиоэлектронной аппаратуры во многих случаях необходимо не только излучать и принимать СВЧ сигнал, но также производить его обработку и преобразование, поэтому усложняются СВЧ схемы и в прежнем исполнении становятся громоздкими, поэтому возникает необходимость создания миниатюрных схем работающих в СВЧ диапазоне.

Поэтому целью освоения данной дисциплины является формирование представлений об элементной базе СВЧ электроники и приобретение навыков ее проектирования и применения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование представлений об элементной базе СВЧ электроники и приобретение навыков ее проектирования и применения. В результате изучения дисциплины студенты должны быть готовы к исследовательской деятельности по разработке и определению характеристик и областей применения СВЧ элементной базы.

Основными задачами освоения дисциплины являются:

- научить студентов методам расчёта элементов СВЧ элементной базы;
- изучить методы оценки предельных характеристик различных компонентов СВЧ элементной базы;
- усвоить основные физические закономерности, лежащие в основе проектирования компонентной базы СВЧ диапазона.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Знание студентами элементной базы СВЧ электроники позволяет им быстро включиться в производственную деятельность по разработке и производству электронной компонентной базы миллиметрового диапазона длин волн, в том числе для нового поколения мобильных информационно-коммуникационных систем 5G.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	ПК-7.1 [1] - Способен применять представления, концепции и модели физики конденсированного состояния для описания явлений и процессов в твердых телах, включая новые полупроводниковые материалы, для приложений в области электроники и нанoeлектроники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-7.1[1] - Знать основные концепции и модели физики конденсированного состояния для описания явлений и процессов в твердых телах, включая новые полупроводниковые материалы, имеющие значение для электроники и нанoeлектроники; У-ПК-7.1[1] - Уметь применять представления, концепции и модели физики конденсированного состояния для описания явлений и процессов в твердых тела для приложений в области электроники и нанoeлектроники; В-ПК-7.1[1] - Владеть основными методами качественного и количественного анализа параметров и характеристик твердых тел, включая новые полупроводниковые материалы, для приложений в области электроники и нанoeлектроники
Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их	ПК-1.1 [1] - Способен применять представления, концепции и модели физики	З-ПК-1.1[1] - Знать основные концепции физики конденсированного состояния, физики

по тематике исследования	исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	конденсированного состояния для описания явлений и процессов в твердых телах, качественного и количественного анализа параметров и характеристик твердых тел для приложений электроники и нанoeлектроники. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	твердого тела и физики полупроводников, имеющие значение для электроники и нанoeлектроники; У-ПК-1.1[1] - Уметь применять представления, концепции и модели физики конденсированного состояния для описания явлений и процессов в твердотельных приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники; В-ПК-1.1[1] - Владеть основными методами качественного и количественного анализа параметров и характеристик твердых тел для приложений электроники и нанoeлектроники
Построение математических моделей для анализа свойств оптоэлектронных и радиофотонных приборов, схем и устройств различного функционального назначения и выбор численного метода их моделирования, в том числе с использованием стандартных программных средств	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области	ПК-1 [1] - Способен применять простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	З-ПК-1[1] - Знание физических и математических моделей типовых приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники. ; У-ПК-1[1] - Умение применять физические и математические модели устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального

	оптоэлектроники и радиофотоники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и радиофотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	назначения; В-ПК-1[1] - Владение стандартными программными средствами компьютерного моделирования устройств и установок электроники и нанoeлектроники
проектно-конструкторский			
Проведение технико-экономического обоснования проектов в области радиофотонных интеллектуальных систем	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области оптоэлектроники и радиофотоники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и	ПК-4 [1] - Способен подготавливать и оформлять технико-экономического обоснования технологий производства приборов, разработке технических требований для определенного типа технологических операций <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-4[1] - Знание технико-экономических требований к технологии производства приборов микро-и нанoeлектроники; У-ПК-4[1] - Умение разрабатывать технические требования к технологическим операциям в области электроники и нанoeлектроники; В-ПК-4[1] - Владение навыками технико-экономического обоснования определённых технологических операций в предметной области.

	радиотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.		
производственно-технологический			
Подготовка и проведение технологических процессов производства материалов и изделий оптоэлектроники и радиотоники	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области оптоэлектроники и радиотоники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий оптоэлектроники и радиотоники. Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.	ПК-8 [1] - Способен выполнять постановку и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству материалов и изделий электронной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004, 40.011	З-ПК-8[1] - Знание технологий сверхбольших интегральных схем, планарных и иных технологий электроники и нанoeлектроники; У-ПК-8[1] - Умение выполнять постановку и эксплуатацию определенного технологического процесса или блока технологических операций по производству СБИС, интегральных СВЧ- систем и других изделий электронной техники.; В-ПК-8[1] - Владение технологическими операциями по производству материалов и изделий электронной техники

Осуществление наладки, настройки и опытной проверки отдельных видов элементов, устройств и систем оптоэлектроники и радиофотоники в процессе НИОКР и опытного производства	Выполнение математического (компьютерного) моделирования с целью анализа и оптимизации параметров объектов фотоники и оптоинформатики на базе имеющихся средств исследований и проектирования, включая стандартные пакеты автоматизированного проектирования и моделирования	ПК-9 [1] - Способен выполнять определенный тип измерительных или контрольных операций при исследовании параметров полупроводниковых приборов и устройств или в технологическом процессе по производству материалов и изделий электронной техники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.003, 40.037	З-ПК-9[1] - Знание параметров полупроводниковых приборов аналоговой, цифровой, радиочастотной и СВЧ-электроники.; У-ПК-9[1] - Умение выполнять исследования параметров полупроводниковых приборов и устройств в микро- и нанoeлектронике; В-ПК-9[1] - Владение методами измерений в технологическом процессе по производству материалов и изделий электронной техники
монтажно-наладочный			
Участие в монтаже, наладке, настройке, регулировке и поверке измерительного, диагностического, технологического оборудования и программных средств, используемых для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области электроники и нанoeлектроники	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования. Технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач в области электроники и нанoeлектроники. Современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и нанoeлектроники.	ПК-12 [1] - Способен налаживать, испытывать, проверять работоспособность определенного измерительного, диагностического или технологического оборудования, используемого для решения научно-технических, технологических и производственных задач в области электроники и нанoeлектроники <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.001	З-ПК-12[1] - Знание типового измерительного, диагностического или технологического оборудования, используемого для решения научно-технических, технологических и производственных задач в области электроники и нанoeлектроники; У-ПК-12[1] - Умение налаживать оборудование для решения научно-технических, технологических и производственных задач в области электроники и нанoeлектроники ; В-ПК-12[1] - Владение навыками испытаний, проверки работоспособности определённого

	<p>Инновационные технические решения в сфере базовых постулатов проектирования, технологии изготовления и применения электронных приборов и устройств.</p>		<p>измерительного, диагностического или технологического оборудования в области электроники и нанoeлектроники</p>
--	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	<p>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> <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>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе на экспериментальных и	1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования культуры лазерной безопасности посредством

	промышленных установках высокой мощности (B28)	тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с лазерным оборудованием. - формирования культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности и имеющими повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование коммуникативных навыков в области разработки и производства полупроводниковых изделий (B36)	<p>1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и наноэлектронике», «Информационные технологии в физических исследованиях», «Экспериментальная учебно-исследовательская работа» для: - формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе с использованием современных САПРов для моделирования компонентной базы электроники, измерительного и технологического оборудования на кафедрах, лабораториях и центрах ИНТЭЛ;</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин</p>

		<p>«Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред (спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», для: - формирования профессиональной коммуникации в научной среде; - формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности - формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным специалистом для разработок новых материалов и устройств по направлениям, связанным с СВЧ электроникой, микро- и нанопроцессорами, оптическими модуляторами и применением новых материалов в наноэлектронных компонентах через организацию практикумов в организациях по разработке и производству полупроводниковых изделий, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.</p>
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Дискретная СВЧ ЭКБ	1-8	15/15/0		25	Кл-8	3-ПК-7.1, У-ПК-7.1, В-ПК-7.1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
2	Функциональные схемы СВЧ ЭКБ	9-15	15/15/0		25	Кл-15	3-ПК-7.1, У-ПК-7.1, В-ПК-7.1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/0		50		

	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, 3-ПК-7.1, У-ПК-7.1, В-ПК-7.1, 3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1
--	---	--	--	--	----	---	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
Кл	Коллоквиум
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	30	0
1-8	Дискретная СВЧ ЭКБ	15	15	0
1 - 2	Классификация СВЧ элементной базы Области применения СВЧ электроники. Анализ современного состояния развития СВЧ элементной базы. Общие проблемы генерации и усиления СВЧ. Особенности распространения радиоволн различных частотных диапазонов. Тенденции развития СВЧ электроники.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 2	Разработка моделей пассивных СВЧ компонент Экстракция параметров. Разработка модели конденсатора. Разработка модели индуктивности. Разработка модели микрополоскового элемента.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Общие принципы построения твердотельной СВЧ элементной базы	Всего аудиторных часов		
		5	0	0

	Классификация твердотельной СВЧ элементной базы. Характеристика полупроводниковых материалов. Особенности конструкции СВЧ твердотельных приборов. Частотные ограничения и ограничения по мощности СВЧ твердотельных приборов.	Онлайн		
		0	0	0
3 - 5	Разработка модели СВЧ транзистора на основе GaAs Экстракция параметров. Разработка линейной и нелинейной моделей транзистора. Разработка схемы транзистора для описания его вольт-амперных характеристик. Разработка схемы транзистора для описания S-параметров.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 7	Конструктивно-технологические основы малошумящих и мощных СВЧ приборов Физические основы достижения сверхвысоких частот и большой мощности в СВЧ твердотельных приборах. Базовые транзисторные структуры сверхвысокочастотной электроники. Базовые транзисторные структуры мощной СВЧ электроники. Методы технологической реализации и характеристики параметров.	Всего аудиторных часов		
		6	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	Разработка модели СВЧ транзистора на основе GaN Экстракция параметров. Разработка линейной и нелинейной моделей транзистора. Разработка схемы транзистора для описания его вольт-амперных характеристик. Разработка схемы транзистора для описания S-параметров.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Функциональные схемы СВЧ ЭКБ	15	15	0
9 - 10	Усилители мощности СВЧ Определение коэффициента усиления. Устойчивость усилителя. Однокаскадный усилитель. Широкополосные усилители. Усилители мощности и их параметры.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 10	Разработка СВЧ фильтров Разработка фильтра нижних частот (ФНЧ). Разработка фильтра верхних частот (ФВЧ). Разработка полоснопропускающего фильтра (ППФ). Разработка полоснозаграждающего фильтра (ПЗФ).	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 13	Разработка МШУ СВЧ усилителя на GaAs Расчет СВЧ усилительного каскада на базе GaAs транзисторов. Расчет согласующих цепей СВЧ усилителя мощности. Оценка основных параметров усилительного каскада.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 13	Пассивные компоненты СВЧ электроники Сосредоточенные емкости СВЧ. Сосредоточенные индуктивности СВЧ. Элементы с квазисосредоточенными параметрами. Короткие замкнутые и разомкнутые шлейфы. Переходы между линиями передачи. Направленные ответвители и мосты. Делители и сумматоры мощности. Частотные фильтры, ФНЧ. Частотные фильтры ППФ. Гребенчатые фильтры. Двухканальные частотно-разделительные устройства. Устройства на ферритах.	Всего аудиторных часов		
		5	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Основные конструктивные элементы СВЧ устройств Принципы излучения СВЧ сигналов. Антенны, волноводы,	Всего аудиторных часов		
		6	0	0

	коммутаторы, фазовращатели, линии задержки, поглотители. Малогабаритные 2D и 3D антенны. Использование RFID технологий. Экранирование и поглощение электромагнитных излучений.	Онлайн		
		0	0	0
13 - 15	Разработка топологии мощного СВЧ усилителя на GaN Расчет СВЧ усилительного каскада на базе GaN транзисторов. Расчет согласующих цепей СВЧ усилителя мощности. Оценка основных параметров усилительного каскада.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы используются следующие технологии:

- лекции по курсу традиционного типа, а также с использованием средств видеоконференцсвязи типа Zoom или аналогичных программ;
- практические занятия в компьютерном классе, оснащенном современными САПР;
- самостоятельная работа: изучение дополнительных материалов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	З, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-1	З, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-1	З, Кл-8, Кл-15
ПК-12	З-ПК-12	З, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-12	З, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-12	З, Кл-8, Кл-15
ПК-4	З-ПК-4	З, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-4	З, Кл-8, Кл-15

	В-ПК-4	3, Кл-8, Кл-15
ПК-7.1	З-ПК-7.1	3, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-7.1	3, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-7.1	3, Кл-8, Кл-15
ПК-8	З-ПК-8	3, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-8	3, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-8	3, Кл-8, Кл-15
ПК-9	З-ПК-9	3, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-9	3, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-9	3, Кл-8, Кл-15
ПК-1.1	З-ПК-1.1	3, Кл-8, Кл-15
	У-ПК-1.1	3, Кл-8, Кл-15
	В-ПК-1.1	3, Кл-8, Кл-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	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.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69		E	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.
60-64	3 – «удовлетворительно»		
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	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.
--	--	--	--

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 537 Т77 Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков Т.1 , Трубецков Д.И., Москва: Физматлит, 2003
2. 621.37 П53 Полупроводниковые приборы и их применение Вып.25 , , М.: Сов.радио, 1971
3. 621.38 П92 Электроника сверхвысоких частот : , Свиридов В.Т., Пчельников Ю.Н., М.: Радио и связь, 1981

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Работа над конспектом лекции.

Основу теоретического обучения студентов составляют лекции. Они дают систематизированные знания студентам о наиболее сложных и актуальных проблемах изучаемой дисциплины. На лекциях особое внимание уделяется не только усвоению студентами изучаемых проблем, но и стимулированию их активной познавательной деятельности, творческого мышления, развитию научного мировоззрения, профессионально-значимых свойств и качеств. Лекции по дисциплине «Элементная база СВЧ электроники» проводятся в виде аудиторных занятий, либо с использованием средств видеоконференцсвязи.

Осуществляя учебные действия на лекционных занятиях, студенты должны вести конспект, добиваться понимания изучаемого предмета, применения знаний на практике, при решении учебно-профессиональных задач. В случае недопонимания какой-либо части предмета следует задать вопрос в установленном порядке преподавателю. В процессе работы на лекции

необходимо так же выполнять в конспектах модели изучаемого предмета (рисунки, схемы, чертежи и т.д.), которые использует преподаватель.

Работу над конспектом следует начинать с его доработки, желательно в тот же день, пока материал еще легко воспроизводим в памяти (через 10 часов после лекции в памяти остается не более 30-40 % материала). С целью доработки необходимо прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить опiski, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используются при подготовке к экзамену. Примеры, задачи, вопросы по теме являются средством самоконтроля.

Непременным условием глубокого усвоения учебного материала является знание основ, на которых строится изложение материала. Обычно преподаватель напоминает, какой ранее изученный материал и в какой степени требуется подготовить к очередному занятию. Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний. Неоднократное обращение к пройденному материалу является наиболее рациональной формой приобретения и закрепления знаний.

2. Подготовка к практическому занятию

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретическую часть объекта исследований. Для успешного освоения материала студентам рекомендуется сначала ознакомиться с учебным материалом, изложенным в лекциях и основной литературе, затем выполнить самостоятельные задания, при необходимости обращаясь к дополнительной литературе.

Для закрепления пройденного материала студенту необходимо подготовить отчет по предыдущей работе и ответить на вопросы преподавателя.

3. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа предполагает работу с основной и дополнительной литературой. Если содержание материала легко усваиваемое, можно ограничиться составлением плана. Если материал содержит новую и трудно усваиваемую информацию, целесообразно его законспектировать. Конспект – это систематизированное, логичное изложение материала источника.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

На первом занятии преподаватель:

знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;

обеспечивает согласование содержания и устранение дублирования учебного материала с другими дисциплинами образовательной программы;

уточняет наполнение лекций и планы практических (семинарских) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;

рекомендует литературу с выделением основного учебника курса;

доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

Занятия по дисциплине «Элементная база СВЧ электроники» состоят из трех частей:

- лекции;
- практические занятия;
- самостоятельная работа студентов.

1. Лекционные занятия представляет собой систематическое, последовательное. монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Цель занятий – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом по теме «Элементная база СВЧ электроники».

Структура лекции: вступление, основная часть, заключение.

Во вступлении преподаватель отмечает цель лекции и ее план.

В основной части приводится изложение содержания лекции в строгом соответствии с предложенным планом.

Формат лекции может быть, как очный, так и дистанционный с использованием средств видеоконференцсвязи.

В заключении подводится общий итог лекции, обобщение материала, формулировка выводов по теме лекции; ответы на вопросы студентов.

2. Практические занятия - одна из форм систематических занятий, на которых студенты под руководством преподавателя приобретают практические умения и навыки по проектированию приборов электронной компонентной базы, входящей в учебный план.

Цель практических занятий - предоставление возможностей для овладения практическими навыками по проектированию элементной базы СВЧ электроники.

Преподаватель составляет план каждого практического занятия, в который входит:

- ознакомление студентов с техникой безопасности;
- определение целей и задач работы;
- теоретического описания объекта исследований;
- описание хода выполнения работы;
- подбор литературы, рекомендуемой студентам к данной теме.

3. Самостоятельная работа - учебная, учебно-исследовательская работа студентов, выполняется во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, научных публикаций, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

Роль преподавателя в организации и руководстве самостоятельной работой студентов включает:

- четкое планирование содержания и объема самостоятельной работы;
- организацию, контроль и анализ результатов самостоятельной работы.

В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем. Преподаватель

должен обеспечить мотивацию индивидуальной самостоятельной работы студентов посредством проверки промежуточных результатов, консультаций, самопроверки.

Автор(ы):

Рыжук Роман Валериевич