

Саровский физико-технический институт –  
филиал федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель СарФТИ НИЯУ МИФИ

Сироткина А.Г.  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.



## ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

### «Электронные приборы и устройства»

*(наименование программы)*

Укрупненная группа направлений подготовки  
**11.03.04. Электроника и нанoeлектроника**

*(направление)*

Общие положения

**Целью** профессиональной переподготовки по направлению "Электронные приборы и устройства" является подготовка современного специалиста в области технологии получения изделий нанoeлектроники, повышения их квалификации и мастерства в области профессиональной деятельности с одновременным стимулированием их стремления к саморазвитию.

**Категория слушателей:** профессорско-преподавательский состав вуза, руководители и специалисты структур, занимающихся организацией учебного процесса в вузе

**Срок обучения:** 360 часов (10 з.е.)

**Режим занятий:** 14 часов в неделю без отрыва от производства

**Разработчик программы:** к.т.н., доцент Николаев Дмитрий Борисович, доцент кафедры радиофизики и электроники

## Компетенции, подлежащие формированию по итогам обучения

Категория работника	Вид профессиональной (трудовой) деятельности	Компетенции/ готовность к выполнению трудовых действий в разрезе видов профессиональной (трудовой) деятельности
Профессорско-преподавательский состав	<p>1. <i>организационно - управленческая:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• организация работы коллективов исполнителей;</li> <li>• поддержка единого информационного пространства планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции;</li> <li>• участие в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта;</li> <li>• подготовка документации для создания и развития системы менеджмента качества предприятия;</li> <li>• разработка планов и программ инновационной деятельности на предприятии</li> </ul>	ПК-21 Способен организовывать работу коллективов исполнителей
		ПК-22 Способен участвовать в поддержании единого информационного пространства планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции
		ПК-24 участвовать в подготовке документации для создания и развития системы менеджмента качества предприятия
		ПК-25 Способен разрабатывать планы и программы инновационной деятельности в подразделении
	<p>2. <i>научно-педагогическая:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• преподавание учебных дисциплин предметной области данного направления в общеобразовательных учреждениях, образовательных учреждениях начального профессионального, среднего профессионального, высшего профессионального и дополнительного профессионального образования.</li> </ul>	ПК-20 Способен осуществлять подбор, изучение и обобщение научно-технической литературы, нормативных и методических материалов, составлять обзор по профилю своей деятельности
		ПК-26 Способен преподавать в образовательных учреждениях различного уровня, используя существующие программы и учебно-методические материалы
		ПК-27 Способен принять участие в совершенствовании и разработке учебно-методического обеспечения дисциплин по направлению электроника и нано-электроника

### Объем программы и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов
Общий объем программы	360
Лекционные занятия	100
Практические занятия	152
Подготовка и защита ВКР	108

## УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование разделов и тем профессионального модуля	Всего часов	Аудиторное обучение, в том числе		Применяемые образовательные технологии	Форма контроля
			Лекции	Практич. занятия		
<b>Модуль 1.</b>						
<b>Введение. Основные положения и определения.</b>						
1.1.	Введение в специальность. Наноэлектроника	36	14	22	Лекция-беседа, тренинг	Участие в дискуссии
1.2.	Основы физики конденсированного состояния	18	8	10	Работа в малых группах предполагает совместную учебно-познавательную и творческую деятельность слушателей в группе	Участие в дискуссии
1.3.	Методы и принципы использования электрофизических явлений в технических приложениях	32	10	22	Работа в малых группах	Ответы на контрольные вопросы
1.4.	Зачет	4	4	-		
	<b>Итого</b>	<b>90</b>	<b>36</b>	<b>54</b>		
<b>Модуль 2.</b>						
<b>Электродинамика и техника микроволновых приборов</b>						
2.1.	Введение	36	14	22	Работа в малых группах предполагает совместную учебно-познавательную и творческую деятельность слушателей в группе	Участие в дискуссии
2.2.	Общая теория линий передачи	18	8	10	Работа в малых группах	Ответы на контрольные вопросы
2.3.	Анализ многополюсных микроволновых устройств	32	10	22	Работа в малых группах	Ответы на контрольные вопросы
2.4.	Зачет	4	4	-		
	<b>Итого</b>	<b>90</b>	<b>36</b>	<b>54</b>		
<b>Модуль 3.</b>						
<b>Квантовая и оптическая электроника</b>						

3.1	Введение. Основы фотометрии	20	8	12	Лекция-беседа, тренинг, моделирование ситуаций	Участие в дискуссии, Ответы на контрольные вопросы
3.2	Приемники оптического излучения	32	12	20	Лекция-беседа, тренинг, моделирование ситуаций	Участие в дискуссии, Ответы на контрольные вопросы
3.3	Полупроводниковые источники излучения	16	4	12	Работа в малых группах	Индивидуальное собеседование по отчетам практических работ
3.4	Зачет	4	4	-		
	<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>28</b>	<b>44</b>		
<b>Всего</b>		<b>252</b>	<b>100</b>	<b>152</b>		

**Форма итоговой аттестации по программе:** выполнение и защита аттестационной работы.

Слушателям после успешного окончания обучения (выполнившим все требования учебного плана) выдаются документы установленного образца о повышении квалификации (удостоверение о краткосрочном повышении квалификации)

### Кадровое обеспечение образовательного процесса по программе

№ пп.	Фамилия, имя, отчество	Образование (вуз, год окончания, специальность)	Должность, ученая степень, звание. Стаж работы в данной или аналогичной должности, лет	Перечень основных научных и учебно-методических публикаций
<b>Профессорско-преподавательский состав программы</b>				
1.	Николаев Дмитрий Борисович	Высшее (Московский инженерно-физический институт, 1998, Электронные приборы и устройства)	Ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент, 17 лет	1. Николаев Д.Б. и др. Патент РФ на изобретение №2417406. Формирователь цифровой последовательности с равномерным распределением 2. Николаев Д.Б. и др. Патент РФ на изобретение №2497277. Способ сжатия двоичных данных в виде структурированных данных информационных блоков 3. Николаев Д.Б. и др. Патент РФ на изобретение №2493645.

				<p>Генератор акустических шумов</p> <p>4. Николаев Д.Б. и др. Патент РФ на изобретение №2506633.</p> <p>Устройство хранения данных (варианты)</p> <p>5. Николаев Д.Б. и др. Промышленные интерфейсы для научных исследований. Учебное пособие. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2013. – 238 с. : ил</p> <p>6. Николаев Д.Б. и др. Методы встраивания конфиденциальной информации в мультимедийные приложения. Учебно-методическое пособие Трехгорный: ФГУП «ПСЗ», 2014. – 189 с. – ил.</p> <p>7. Николаев Д.Б. и др. Концепция информационного взаимодействия участников процесса разработки наукоемкой продукции. Информатизация образования – 2014. Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2014 г.</p> <p>8. Николаев Д.Б. и др. Система динамического контроля обработки данных методом степ-резервирования. VIII международная научно-практическая конференция «Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве». г. Протвино, 2014</p> <p>9. Николаев Д.Б. и др. Метод декомпозиции для анализа сложных технических систем. VII международный форум информационных технологий «IT FORUM 2020/ ЭВОЛЮЦИЯ»</p> <p>XX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Информационные системы и технологии» ИСТ-2014, г. Нижний-Новгород, 2014 г.</p>
--	--	--	--	---

## *Содержание модулей*

### **Модуль 1. Введение. Основные положения и определения.**

#### **Введение в специальность. Нанозлектроника.**

*Раздел 1. Электроника и микроэлектроника и её роль в науке, технике и технологии.*

История развития электроники, микроэлектроники и вычислительной техники в России и за рубежом. Этапы развития электроники. Связь микроэлектроники с наукой, техникой и технологией. Перспективные направления развития микроэлектроники в настоящее время.

*Раздел 2. Профессиональная трудовая деятельность.*

Понятие профессии и её признаки. Различие между понятиями «профессия» и «специальность», «профессионал» и «специалист». Профессия «инженер»: требования и условия. Профессиональное развитие личности.

*Раздел 3. Предмет, задачи и средства деятельности.*

Понятия квалификации «инженер» и «бакалавр». Предмет, задачи и средства инженерной деятельности.

*Раздел 4. Объекты и виды профессиональной деятельности.*

Объекты и виды профессиональной деятельности инженера и бакалавра. Инженерная и техническая деятельность. Уровни инженерной деятельности. Инженерная деятельность на предприятиях полупроводниковой отрасли.

*Раздел 5. Профессиональное самоопределение и выбор профессии.*

Периоды процесса профессионального самоопределения. Стадии профессионализации. Кризис профессиональных ожиданий и варианты его разрешения. Кризис профессионального становления личности. Вторичная профессионализация. Профессиональная стагнация. Кризис нереализованных возможностей. Уход на пенсию.

*Раздел 6. Инженерная деятельность и нанотехнологии: сущность, перспективы развития, значение.*

Сущность нанотехнологии и основные направления развития. История развития нанотехнологии. Перспективы и проблемы применения нанотехнологии. Вклад ученых и стран в развитие нанотехнологии

#### **.Основы физики конденсированного состояния.**

*Раздел 1. Силы связи в твердых телах.*

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO<sub>3</sub>. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

*Раздел 2. Особенности построения твердых тел.*

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

### *Раздел 3. Эффекты и свойства твердых тел.*

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

### *Раздел 4. Электронные свойства твердых тел.*

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии. Приближение сильно связанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

### *Раздел 5. Магнитные свойства твердых тел.*

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля). Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков. Спиновые волны, магноны. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

### *Раздел 6. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел.*

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига. Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра). Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

### *Раздел 7. Сверхпроводимость.*

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

## **Методы и принципы использования электрофизических явлений в технических приложениях.**

### *Раздел 1. Введение.*

Классификация материалов радиоэлектронной аппаратуры: конструкционные, функционально-активные, адаптивно-рефлексивные, самоорганизующиеся среды. Физико-химическая природа материалов радиоэлектронной аппаратуры и области применения.

### *Раздел 2. Электрофизические свойства элементов.*

Электрофизические свойства элементов: зарядовые состояния, встроенный и индуцированный заряды, электростатическое взаимодействие заряженных поверхностей; поверхностно-активные вещества; термоэлектронная, электронная и ионно-полевая эмиссии; электромагнитное взаимодействие, электромагнитная индукция, токи индуцированные электромагнитными полями, скин-эффект. Проявление размерных эффектов и эффектов масштабирования при электростатических и электромагнитных взаимодействиях. (4 часа)

*Раздел 3. Основные электрофизические, теплофизические и химические свойства компонентов радиоэлектронной аппаратуры.*

Электропроводность и теплопроводность: аналогия описания электро- и теплопроводности, коэффициенты электро- и теплопроводности, электро- и тепловое сопротивление, особенности процессов электро- и теплопроводности в твердых телах (металлы, полупроводники, диэлектрики) и жидкостях; сверхпроводимость, электрохимический массоперенос, электрофорез. Электрическая стойкость: критическая и пробивная напряженность электрического поля, электрическая, электротепловая и электрохимическая деградации. Тепловая стойкость: температура Дебая, тепловое расширение, размягчение, плавление. Электрические, тепловые свойства и химическая стойкость основных конструкционных материалов радиоэлектронной аппаратуры.

*Раздел 4. Физико-материаловедческий базис гальваномагнитных, термомагнитных и термоэлектрических компонентов.*

Влияние магнитного поля на электрические и термоэлектрические свойства: эффекты Холла, Нернста, Риги-Ледюка, Эттинсгаузена, магнитосопротивление, датчики Холла. Термоэлектрические явления: термоэлектродвижущая сила, эффекты Зеебека и Пельтье, эффект Томсона, термоэлектрические генераторы и холодильники, кпд, базовые материалы ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ).

### *Раздел 5. Электрофизические свойства p-n-перехода.*

Образование перехода, контактная разность потенциалов. Барьерная емкость p-n-перехода. Зависимость концентрации неравновесных носителей заряда от величины приложенного напряжения. Вольт-амперные характеристики p-n-перехода при малых и больших уровнях инжекции. Импульсные и высокочастотные свойства p-n-перехода. Эквивалентная схема p-n-перехода.

*Раздел 6. Принцип работы, назначение, основные характеристики различного вида полупроводниковых устройств.* Низкочастотные диоды: стабилитроны, варикапы, варисторы, диоды Шоттки. Высокочастотные диоды: переключающие, импульсные, детекторные, шумовые. Диоды с отрицательным дифференциальным сопротивлением: туннельные, лавинно-пролетные, диоды Ганна. Биполярный транзистор, основные характеристики. Полевые транзисторы: транзисторы с p-n-переходом, МОП – транзисторы, их характеристики. Однопереходный транзистор. Динисторы, тиристоры с управляющим электродом. Вольт-амперные характеристики, область применения. Тиристоры, принцип их работы. Диодные тиристоры и их характеристики. Триодные тиристоры, принцип их работы. Виды тринисторов и их характеристики.

### *Раздел 7. Заключение.*

Эволюция материаловедческого базиса, интеллектуальные материалы и конструкции. Бионические принципы построения и функционирования: искусственное управление, рефлексивное обучение, самоорганизация.



## **Модуль 2. Электродинамика и техника микроволновых приборов**

### **Введение**

*Раздел 1. Электродинамика как один из важнейших разделов естествознания и основа для изучения явлений в электронных приборах и устройствах.*

Микроволновый диапазон, его особенности и области применения. Основные этапы развития электродинамики и микроволновой техники. Значение этой дисциплины для подготовки специалиста по электронике.

*Раздел 2. Основные законы классической электродинамики.*

Уравнения Максвелла и их следствия - закон полного тока и уравнение непрерывности, закон сохранения заряда. Типы материальных сред, процессы их поляризации и намагничивания. Пространственная и временная дисперсия среды. Классификация материальных сред по их электрофизическим параметрам. Граничные условия для векторов поля на поверхности раздела сред. Работа и мощность электромагнитного поля. Уравнение баланса энергии поля. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд. Баланс энергии гармонических колебаний. Лемма Лоренца и теорема взаимности. Типы задач электродинамики, условия существования и единственности их решений.

*Раздел 3. Электромагнитные волны в изотропных средах*

Решение уравнений Максвелла для плоской однородной волны в идеальном диэлектрике. Скорости, характеризующие распространение волны. Падающая и отраженная волны. Дисперсия электромагнитных волн. Электромагнитное поле и характеристическое сопротивление плоской однородной волны. Поляризация электромагнитных волн. Распространение волн в слабо диссипативных средах. Постоянная затухания и глубина проникновения. Электромагнитные волны в металлах. Поверхностный эффект. Приближенные граничные условия на поверхности идеального проводника и сверхпроводника. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела сред. Законы Снеллиуса и формулы Френеля. Явления полного прохождения и полного отражения волн. Нормальное падение волны на границу раздела. Коэффициенты отражения и стоячей волны.

*Раздел 4. Электромагнитные волны в анизотропных средах*

Типы анизотропии. Распространение волн в одноосных кристаллах. Гиротропные среды. Уравнения движения вектора намагниченности. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита. Явление ферромагнитного резонанса. Распространение волн в намагниченной плазме.

*Раздел 5. Излучение электромагнитных волн.*

Электродинамические потенциалы и векторы Герца, их связь с полями. Запаздывающие и опережающие потенциалы. структура поля излучения, его ближняя и дальняя зоны. Поле излучения диполя Герца. Диаграмма направленности, мощность и сопротивление излучения. Метод наводимых ЭДС.

### **Общая теория линий передачи**

*Раздел 1. Определение направляющих систем, их типы и классификация.*

Электромагнитное поле в регулярной линии передачи (ЛП). Скалярное уравнение Гельмгольца для ЛП и его общее решение. Критическое волновое число и постоянная распространения. Фазовая и групповая скорости волны в ЛП. Дисперсия волн в ЛП, дисперсионные характеристики и диаграммы. Быстрые и медленные волны в ЛП, условия их существования. Явление отсечки и заградительный режим работы ЛП. Условия существования Е-, Н- и Т-волн. Гибридные волны. Характеристическое сопротивление ЛП и передаваемая мощность. Затухание электромагнитных волн в ЛП. Спектр типов волн в линии передачи, ее рабочий диапазон. Стоячие и смешанные волны.

*Раздел 2. Закрытые линии передачи.*

Волны в прямоугольном волноводе. Основные свойства волны Н<sub>10</sub>. Волны в круглом волноводе. Волноводы со сложной формой поперечного сечения. Сверхразмерные

волноводы. Телеграфные уравнения как следствие уравнений Максвелла. Нормальные Т-волны в многосвязных линиях передачи. Передаваемая мощность и затухание. Связанные линии передачи. Двухпроводная симметричная ЛП. Коаксиальная ЛП. Полосковая и микрополосковая ЛП. Щелевая и копланарная ЛП. Волноводно-щелевая ЛП. Однопроводная ЛП.

#### *Раздел 3. Открытые линии передачи.*

Плоский и круглый диэлектрические волноводы. Световоды. Квазиоптические линии передачи. Эквивалентные токи и напряжения в ЛП. Режимы работы ЛП, ее входное сопротивление и сопротивление нагрузки. Круговая диаграмма полных сопротивлений. Согласование в линиях передачи.

#### *Раздел 4. Замедляющие системы*

Общие свойства медленных волн и условия их существования. Волны в периодических структурах. Теорема Флоке. Пространственные гармоники. Дисперсионные характеристики замедляющих систем. Основные типы замедляющих систем, методы их анализа, характеристики и параметры. Спиральная ЗС. Метод спирально-проводящего цилиндра. Граничные условия на СПЦ. Дисперсионное уравнение и вид электромагнитных полей в СПЦ. Потоки мощности, распространяющиеся в спиральной ЗС. Сопротивление связи и волновое сопротивление. Эквивалентная емкость и эквивалентная индуктивность спиральной ЗС.

#### *Раздел 5. Объемные резонаторы*

Понятие объемного резонатора и постановка задачи о его свободных (собственных) колебаниях. Свойства собственных колебаний и их спектр. Типы объемных резонаторов и их параметры. Волноводные закрытые объемные резонаторы. Аксиально-симметричные закрытые резонаторы. Резонатор на основе прямоугольного, круглого и коаксиального волноводов. Резонатор на основе спиральной ЗС..

#### *Раздел 6. Нерегулярные электродинамические системы*

Возбуждение линий передачи и резонаторов сторонними токами и полями. Элементы возбуждения - штыри, петли, отверстия. Возбуждение линии передачи электронным потоком. Переход к одномерному уравнению возбуждения. Понятие о нерегулярных линиях передачи. Ступенчатые и плавные согласующие переходы. Простейшие неоднородности в прямоугольном волноводе. Понятие о численных методах решения внутренних задач электродинамики.

### **Анализ многополюсных микроволновых устройств**

#### *Раздел 1. Общие положения.*

Определение многополюсника СВЧ. Матрица рассеяния многополюсника и физический смысл ее элементов. Матрицы сопротивлений, проводимостей и передачи. Связь между волновыми матрицами. Свойства матриц рассеяния взаимных и недиссипативных устройств. Волновые матрицы симметричных многополюсников. Компьютерный анализ микроволновых устройств.

#### *Раздел 2. Частотный синтез четырехполюсников СВЧ.*

Расчет ступенчатых и плавных согласующих переходов для широкополосного согласования ЛП с резистивной нагрузкой. Теоретические ограничения при широкополосном согласовании комплексных нагрузок. Частотно-избирательные фильтры СВЧ. Постановка задачи синтеза фильтра с заданной характеристикой рабочего затухания. Схемы-прототипы фильтров. Расчет лестничной схемы прототипа и схемы из отрезков ЛП. Конструктивные реализации фильтров СВЧ. Фильтры СВЧ с четвертьволновыми связями и фильтры с непосредственными связями.

#### *Раздел 3. Элементы тракта СВЧ.*

Согласованные нагрузки для ЛП. Реактивные нагрузки. Изоляторы для коаксиального тракта. Разъемы и сочленения в трактах СВЧ. Переходы между ЛП различных типов. Повороты ЛП. Реактивно настроенные элементы полых волноводов (диафрагмы и штыри). Шестиполюсные элементы СВЧ устройств: разветвление ЛП, делители мощности.

Невозможность полного согласования реактивных тройников по всем входам. Направленные ответвители (НО) СВЧ. Особенности матриц рассеяния взаимных недиссипативных восьмиполосников и использование этих особенностей для настройки НО. Конструкции НО.

*Раздел 4. Создание электронной подписи. Установка и эксплуатация “КриптоАРМ”, “КриптоТри”. Электронные ключи eToken. Модели eToken. Российская криптография в eToken ГОСТ. Установка и настройка различных моделей eToken. Настройка параметров. Режимы работы. Получение сертификата с использованием электронных ключей eToken. Электронная подпись для Apple iOS. Решения и технологии применения российской криптографии для электронной подписи на iPad и iPhone. Электронные идентификаторы Рутокен. Модели Рутокен. Российская криптография в Рутокен ЭЦП. Рутокен Web. Установка и настройка различных моделей Рутокен. Настройка параметров. Режимы работы. Получение сертификата с использованием электронных ключей Рутокен.*

*Раздел 4. Использование ферритов в технике СВЧ.*

Свойства феррита, помещенного в постоянное магнитное поле. Тензор магнитной проницаемости подмагниченного феррита. Устройства СВЧ, использующие варакторные диоды.

### **Модуль 3. Квантовая и оптическая электроника**

#### **Введение. Основы фотометрии**

*Раздел 1. Введение.*

Роль квантовых и оптоэлектронных приборов и устройств в современной технике. Характеристика современного уровня развития. Цели и задачи курса.

*Раздел 2. Основы фотометрии.*

Естественные и искусственные источники света. Основные понятия фотометрии. Энергетическая и визуальная фотометрии. Коллорометрия. Эмпирическая и феноменологическая системы представления цветов. Расчет основных параметров источников и приемников оптического излучения. Пересчет энергетических и визуальных параметров.

*Раздел 3. Волоконно-оптические линии связи.*

Физические принципы передачи оптического излучения по световоду. Преимущества волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Основные характеристики световодов, методы изготовления и оптические материалы. Выбор компонентов линий связи.

*Раздел 4. Оптоэлектронные системы обработки информации.*

Классификация оптоэлектронных систем обработки информации. Перспективы развития оптоэлектронной вычислительной техники. Пространственно-временные модуляторы света (ПВМС). Приборы оптоэлектронных систем обработки информации: оптические вентили, модуляторы лазерного излучения (электрооптические, акустооптические), оптические устройства памяти.

#### **Приемники оптического излучения**

*Раздел 1. Классификация приемников излучения.*

Понятие фотоэффекта. Явление фотопроводимости. Принцип действия и основные характеристики фоторезисторов. Взаимодействие света с **p-n**- переходом. Фотодиоды. Разработка схем с использованием фоторезисторов и фотодиодов. Выбор и расчет компонентов схем. Особенности **p-i-n**- фотодиодов. Фоточувствительные приборы: фототранзисторы, фототиристоры, лавинные фотодиоды, ФМДП-приборы. Основные характеристики приборов и особенности применения. Основные характеристики ФМДП-приборов и особенности их применения. Фоточувствительные приборы на основе внешнего фотоэффекта: вакуумные фотоэлементы (ФЭ), газонаполненные фотоэлементы (ГФЭ), фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Разработка схем с использованием фоточувствительных приборов. Выбор и расчет компонентов схем.

*Раздел 2. Электронные приборы отображения информации.*

Классификация электронных приборов отображения информации. Газоразрядные индикаторы (ГРИ). Основные параметры ГРИ, конструкция и схемы включения. Вакуумные люминесцентные индикаторы (ВЛИ). Основные параметры, конструкция и схемы включения. Жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ). ЖКИ: основные параметры, конструкция и схемы включения. Светодиодные индикаторы (СИД): основные параметры, конструкция и схемы включения. Разработка функциональных узлов устройств отображения информации. Изучение основных методов построения индикаторных устройств. Выбор и расчет компонентов схем индикаторных устройств на основе ЖКИ и ВЛИ. Выбор и расчет компонентов схем индикаторных устройств на основе СИД.

### **Полупроводниковые источники излучения**

#### *Раздел 1. Понятие инжекционной люминесценции.*

Ширина спектра излучения. Светодиоды и ИК-диоды: основные параметры, конструкция, материалы и применение. Разработка схем с использованием светодиодов. Выбор и расчет компонентов схем. Особенности источников лазерного излучения. Необходимые условия возникновения лазерной генерации. Понятие инверсной населенности энергетических уровней. Свойства гетероструктур. Инжекционные полупроводниковые лазеры на двойных гетероструктурах. Методы увеличения стабильности излучения. Разновидности лазеров: твердотельные лазеры, газовые лазеры, лазеры на красителях. Основные параметры, конструкция и особенности применения. Схемы включения полупроводниковых лазеров. Схемотехнические методы стабилизации параметров.

#### *Раздел 2. Оптроны и оптронные схемы.*

Классификация оптронов. Принцип действия оптронов. Разновидности оптронов: резисторные, диодные, тиристорные и транзисторные. Основные характеристики оптронов и особенности применения. Выбор компонентов оптронных схем. Расчет основных параметров схем с оптронами. Оптронные микросхемы. Оптронные ключи, генераторы и коммутаторы сигналов. Основные характеристики оптронных микросхем и особенности их применения. Расчет основных параметров схем с оптронными микросхемами.

#### *Раздел 3. Фотоэлектрические преобразователи изображения.*

ФЭПИ на приборах с зарядовой связью (ФПЗС). Принцип действия ФПЗС, структура и основные характеристики. Разновидности ФПЗС. Классификация фотоэлектрических преобразователей изображения (ФЭПИ). Принцип действия, устройство и применение ФЭПИ на основе видеоконтов.

## **Подготовка и защита выпускной квалификационной работы**

### **5. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ Формы и методы контроля и оценки результатов освоения модулей**

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Модуль 1. <b>Введение. Основные положения и определения</b>	Проходной уровень освоения содержания модуля не менее 60%	<i>Устный опрос Зачет</i>
Модуль 2. <b>Электродинамика и техника микроволновых приборов</b>	Проходной уровень освоения содержания модуля не менее 60%	<i>Выполнения практических заданий по тематике модуля Зачет</i>
Модуль 3. <b>Квантовая и оптическая электроника</b>	Проходной уровень освоения содержания модуля не менее 60%	<i>Выполнения практических заданий по тематике модуля Зачет</i>

<b>Итоговая аттестация</b>	Проходной уровень освоения содержания программы не менее «удовлетворительно»	Защита выпускной квалификационной работы
----------------------------	--	--

Примерные темы ВКР и минимальные требования к ним

1) Теоретико-оценочная работа, представляющая собой анализ части одного из изучаемых устройств с использованием методов анализа, рассмотренных в процессе изучения дисциплины;

2) Схемотехническая реализация, представляющая собой разработку аппаратной составляющей одного из изучаемых устройств;

3) Программная реализация, представляющая собой разработку программного модуля, реализующего функции одно из изучаемых устройств.

Работа выполняется на основе выданного преподавателем индивидуального для каждого слушателя задания.

Рекомендуемые программные средства: операционная система Windows XP и дополнения к ней в виде SP3, Microsoft Office Project (v.2007 SP3), авторское ПО.

По завершению выпускной аттестационной работы слушатели должны продемонстрировать результаты проведенной ими работы.