


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА»**

**УТВЕРЖДАЮ:**



Первый проректор – проректор  
по научно-исследовательской работе  
 Прокофьев А.Б.

**Программа вступительного испытания в аспирантуру  
по специальной дисциплине**

Группа научных специальностей 2.2 Электроника, фотоника,  
приборостроение и связь:  
2.2.7 Фотоника;  
2.2.12 Приборы, системы и изделия медицинского назначения;  
2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования уровней специалист, магистр.

Разработчики программы:

Павельев В.С., заведующий кафедрой наноинженерии, доктор физико-математических наук, доцент.

Конюхов В.Н., доцент кафедры лазерных и биотехнических систем, кандидат технических наук, доцент.

Пиганов М.Н., профессор кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, доктор технических наук, профессор.

Директор института  
информатики и кибернетики  
д.т.н., профессор



В.В. Сергеев

## **Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине «Фотоника»**

### **I. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТЕОРИЯ СВЕТА**

1. Уравнения Максвелла. Векторы электрической и магнитной напряженности и индукции, связь между ними в изотропных средах. Вектор Умова - Пойнтинга. Понятие о показателе преломления и его связи с диэлектрической постоянной и магнитной проницаемостью. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Свойства гауссовых пучков.

2. Поляризация света. Различные состояния поляризации. Частично поляризованный и естественный свет. Степень поляризации.

3. Законы отражения и преломления света на границе двух изотропных диэлектрических сред. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и пропускания. Полное внутреннее отражение. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция.

4. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника.

### **II. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА И ТЕОРИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

1. Общие свойства лучей. Основные теоремы геометрической оптики. Параксиальная оптика. Хроматическая абберация. Фотометрия. Апертуры оптических систем. Метод построения хода лучей.

2. Волновые и лучевые абберации; функция аббераций. Первичные абберации (абберации Зайделя). Хроматическая абберация произвольной центрированной системы линз. Зрачки, люки, апертурные и полевые диафрагмы.

3. Основные оптические приборы: зрительная труба, микроскоп. Основные элементы оптических устройств: объективы, окуляры.

4. Методы расчета оптических систем, включающих градиентные и дифракционные оптические элементы: расчет хода лучей.

### **III. КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТА И ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

1. Классические интерференционные опыты. Влияние размеров источника света. Пространственная когерентность. Влияние немонахроматичности света. Временная когерентность. Взаимная функция когерентности и комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттера - Цернике.

2. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Интерферометр Фабри - Перо.

### **IV. ДИФРАКЦИОННАЯ ОПТИКА**

1. Теория дифракции Кирхгофа. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера на отверстиях различной формы. Дифракционная решетка. Особенности дифракции некогерентного излучения.

2. Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Дифракционные оптические элементы.

3. Управление характеристиками (интенсивность, поперечно-модовый состав, поляризационное состояние) излучения с помощью дифракционных оптических элементов. Формирование пучков и импульсов с заданной структурой методами дифракционной оптики.

4. Амплитудные и фазовые дифракционные оптические элементы. Методы создания амплитудных и фазовых дифракционных оптических элементов.

### **V. ЭЛЕМЕНТЫ ОПТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

1. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Голограммы Фурье. Цветное объемное изображение. Цифровые голограммы. Голографическая интерферометрия.

2. Линза как элемент, осуществляющий преобразование Фурье. Пространственная фильтрация изображений, формируемых линзой.

3. Источники и приемники излучения. Оптоэлектронные элементы. Светодиоды и инжекционные лазеры. Фотоприемники. Модуляторы и дефлекторы света. Система оптической памяти.

4. Каналирование света в оптических структурах. Типы волоконных световодов. Ступенчатые и градиентные оптические волноводы. Моды оптического волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Градиентные волокна. Моды оптического градиентного волокна с параболическим профилем показателя преломления.

5. Интегральная оптика. Планарные оптические волноводы. Фотонные кристаллы. Зонная структура фотонного кристалла. Фотонно-кристаллические волноводы и устройства.

## **VI. СПЕКТРОСКОПИЯ**

1. Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связи электронов. Правила отборов для оптических переходов. Сверхтонкая структура и изотропический сдвиг. Действие на атом магнитного и центрального полей.

2. Спектры молекул. Разделение энергии различных видов движений в молекуле. Вращательные спектры двухатомных молекул. Колебательные спектры двухатомных молекул. Энергия диссоциации. Электронно-колебательные переходы. Принцип Франка - Кондона. Спектроскопия твердого тела. Переходы под воздействием света в идеальном кристалле. Экситоны. Поляритоны.

3. Спектры люминесценции. Законы люминесценции

## **VII. ОПТИКА ЛАЗЕРОВ**

1. Принцип работы лазеров. Схемы накачки. Теория Лэмба.

2. Оптические резонаторы устойчивой и неустойчивой конфигурации. Моды резонаторов. Селекция мод.

3. Основные типы лазеров. Твердотельные лазеры на примесных кристаллах и стеклах. Лазеры на центрах окраски. Газовые лазеры на нейтральных атомах, ионные, молекулярные, на парах металлов. Лазеры на эксимерах. Лазеры на красителях. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на свободных электронах. Плазменные лазеры.

4. Пичковый режим генерации. Модуляция добротности и генерация гигантских импульсов. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов. Стабилизация и перестройка частоты генерации.

## **Основная литература**

1. А.М. Саржевский. Оптика. Полный курс, М., Едиториал УРСС, 608 с., 2011 г., ISBN 978-5-354-01364-7.

2. Дифракционная оптика и нанопотоника, под ред. В.А. Сойфера, М., Физматлит, 2014, 608 с., ISBN – 9785922115711.

3. О.В. Филонин. Общий курс компьютерной томографии, Самарский научный центр, Самара, 407с, 2012, ISBN 978-5-93424-580-2.

4. В.Г. Волостников. Методы анализа и синтеза когерентных световых полей, Физматлит, М., 2014, 254, ISBN 9785922115865.

5. В.В. Котляр, А.А. Ковалев. Вихревые лазерные пучки, ИСОИ РАН, Самара, 248 с., 2012, ISBN 9785889401254.

6. Карпеев С.В. Анализ и формирование многомодовых лазерных пучков методами дифракционной оптики. Радио и связь, М., 120с., 2005, ISBN 5-256-01789-6.

7. Дифракционная нанопотоника, под редакцией В.А. Сойфера, М., Физматлит, 2011, 680 с., ISBN: 978-5-9221-1237-6

8. Янг М. Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы, М., Мир, 2005, 541 с., ISBN 5-03-003457-9

## **Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине «Приборы, системы и изделия медицинского назначения»**

### 1. Анализ и синтез биотехнических систем

#### 1.1. Биологические системы как объект исследования

Классификация систем. Способы описания систем. Основные функциональные характеристики сложных систем.

Рассмотрение организма с позиции системного анализа. Функциональные системы организма и особенности их как объектов медико-биологических исследований. Проблемы анализа и синтеза биотехнических систем. Источники и происхождение биологических сигналов. Средства управления состоянием организма.

#### 1.2. Теория биотехнических систем

Определения, свойства биотехнических систем. Системный подход при сопряжении элементов живой и неживой природы. Метод поэтапного моделирования. Биотехнические измерительно-вычислительные системы медицинского назначения, мониторинговые системы, системы терапевтического назначения; системы временного и длительного замещения функций живого организма; биотехнические системы управления состоянием и поведением живого организма.

### 2. Биофотоника

Оптические свойства биотканей. Распространение света в биотканях. Поляризационные свойства биотканей. Методы и алгоритмы оптических измерений характеристик биотканей. Оптоакустические методы исследования биотканей. Оптические свойства тканей глаза. Флуоресценция и неупругое рассеяние. Фотобиологические процессы в биологических системах. Фототерапевтические методы. Применение лазеров в терапии и хирургии. Оптическая когерентная томография. Оптические свойства клеток, цитометрия, оптический пинцет.

### 3. Обработка биосигналов и преобразование медико-биологической информации

#### 3.1. Методы обработки биомедицинских сигналов и данных

Классификация, источники и характеристики сигналов и данных. Общая характеристика и модели экспериментальных данных и сигналов, числовых массивов, изображений. Обработка и анализ сигналов. Амплитудный и частотный анализ; корреляционный и спектральный анализ сигналов. Задачи идентификации и распознавания образа. Статистические методы анализа данных. Основы анализа биомедицинских изображений: типы изображений и способы их описания; методы предварительной обработки; фильтрация; алгоритмы измерения параметров изображений; интерактивный режим обработки изображений. Вычислительные системы анализа данных; интерфейсы измерительных систем и комплексов; принципы построения систем отображения информации.

#### 3.2. Системный анализ в биотехнических системах

Особенности обработки информации и принятия решений человеком. Проблемы оптимизации медико-биологических исследований. Сложные системы. Задачи системного анализа. Принципы самоорганизации. Организация эксперимента. Анализ и обработка результатов. Математические модели процессов и систем. Оптимальная фильтрация. Применение методов моделирования в медицинских исследованиях и при проектировании медицинской техники. Параллельные системы и алгоритмы обработки данных. Имитационные модели процессов систем, критерии оценки и прогнозирования состояния объекта, информационно-аналитические базы данных, подсистемы принятия решений и выработки оптимальных управляющих воздействий.

#### 3.3. Измерительные преобразователи биосигналов

Роль измерения в медико-биологической практике; источники погрешностей; методы диагностических исследований; пассивные методы; исследования механических, электрических, магнитных свойств организмов и тканей, биоэлектрических потенциалов; методы регистрации полей (фотометрические, биологическая интроскопия); аналитические исследования.

Электроды и электродные системы регистрации биопотенциалов; ИП для регистрации проявлений жизнедеятельности организма: механических, электрических, тепловых, оптических, магнитных, биохимических и др.; физические явления, используемые в ИП; тензорезисторные, емкостные и пьезоэлектрические ИП механических параметров; терморезисторные, транзисторные, для теплофизических ИП; фотоэлектрические ИП; ИП для биологической интроскопии (в том числе ультразвуковые); биосенсоры; схемы согласования первичных ИП и Э с техническими средствами регистрации и измерения; основные метрологические характеристики ИП.

4. Медицинские приборы, аппараты, системы.

4.1. Аппаратура для функциональной диагностики

Электронная диагностическая аппаратура. Автономные диагностические комплексы.

Приборы, устройства для регистрации и анализа биопотенциалов сердечно-сосудистой системы. Комплекс приборов для электрокардиографии, фонокардиографии, реографии и векторкардиографии. Системы отведений биосигналов.

Приборы для измерения электрической активности мозга. Параметры сигналов, системы отведений, методы обработки сигналов. Диагностические возможности.

Приборы для измерения электрической активности мышц.

Приборы для измерения звуковой активности. Приборы для измерения кровенаполнения, давления и скорости кровотока пульса и акустических шумов.

Электронные полиграфы для регистрации ЭКГ, ФКГ, ЭЭГ, ЭМГ, сфигмограммы, реоплетизмограммы, торакоspiрограммы.

Автоматизированные системы технических средств для массовых обследований и диспансеризации населения.

Ультразвуковая аппаратура. Разрешающая способность приборов для ультразвуковой диагностики. Пути повышения информативности ультразвуковых приборов. Ультразвуковые приборы на основе импульсной непрерывной одночастотной и двухчастотной эхографии. Приборы УЗ томографии.

Методы регистрации ионизирующих излучений: ионизационные, сцинтилляционные, фотохимические. Радиометры. Дозиметрия ионизирующих излучений. Системы автоматического сбора, хранения и переработки радиодиагностической информации.

4.2. Аппаратура для лечебных целей, замещения и коррекции временно и постоянно утраченных функций органов и систем

Аппаратура для терапии. Классификация по действующему физическому фактору. Аппаратура для электро-, свето-, водо-, теплотерапии, аэрозольтерапии, механотерапии. Аппараты для терапии постоянным током и токами низких частот.

Аппараты для лечения диадинамическими токами. Аппаратура для магнитотерапии. Терапевтические ультразвуковые приборы и аппараты. Аппаратура УВЧ-терапии. Дозиметрия при УВЧ-терапии, СВЧ-дозиметрия. Аппаратура аэрозольтерапии. Лазерные установки для терапии. Лазерная дозиметрия. Радиологическая и рентгенологическая терапевтическая аппаратура. Аппараты для баротерапии. Аппараты для светолечения и теплотечения. Водолечебные установки. Реанимационная техника.

Особенности электрохирургических аппаратов. Требования к генераторам. Типы цепей пациента и их особенности. Виды опасностей при электрохирургическом вмешательстве и основные принципы защиты пациента. Комплекс криохирургической аппаратуры. Хирургические инструменты. Сшивающие аппараты.

Оптоэлектронные средства для инвалидов по зрению. Устройства для ориентации. Приборы для компенсации слабовидения.

Имплантируемые и наружные кардиостимуляторы, приборы и системы контроля их работы. Стимуляторы органов и тканей. Протезы. Технические средства для инвалидов при частичной и полной неподвижности.

4.3. Клинико-лабораторная аналитическая техника

Биотехнические системы для лабораторного анализа. Структура и функции лабораторных служб. Физические и физико-химические свойства биосубстратов. Основные источники аналитических материалов. Технологические операции и схемы выполнения исследований в лабораторной практике. Методы оптимизации технологических схем лабораторных экспериментов.

Информационный подход к анализу вещества. Способы записи структуры информационных преобразований вещества биопробы в процессе его исследования. Структуры типовых лабораторных анализов. Приборы и комплексы для лабораторного анализа на базе физических и физико-химических методов изучения биосубстратов.

Измерительные преобразователи лабораторной техники. Средства отображения результатов. Вопросы стандартизации и метрологии в аналитическом приборостроении. Стандарты и эталоны, поверочные схемы и стенды.

#### 4.4. Медицинские информационные технологии (МИТ) и телемедицина

Основные задачи МИТ. Методы и средства обеспечения информационной и программной совместимости медицинских программных продуктов. Интеграция различных АРМ в единую информационную систему. Методы комплексного использования приборов, измерительных систем и МИТ. Критерии оценки эффективности МИТ.

Телекоммуникационная сеть — интеграция ресурсов отечественных и международных фондов телекоммуникационных систем. Технология представления медицинской информации для удаленного консультирования. Консультации и активное участие в лечебном процессе удаленных объектов с использованием телемедицины. Медицинская робототехника и телемедицинские технологии. Перспективы развития МИТ и телемедицины.

### Основная литература

1. Биотехнические системы медицинского назначения Текст учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Биотехнические системы и технологии" Н. А. Кореневский, Е. П. Попечителей. Старый Оскол: ТНТ. 2014. 685 с.

2. В.В. Тучин, Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике, 2-е издание, Перевод с английского, Физматлит, 2013, 811 с.

3. Е.А. Шахно Физические основы применения лазеров в медицине-Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. - 129 с. (электронная версия: <http://books.ifmo.ru/>)

4. Основы телемедицинских систем., электрон. учеб. Пособие. В. Н. Конюхов. Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) Электронный ресурс. 2012.

### Дополнительная литература

1 Узлы и элементы биотехнических систем Текст учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 201000 "Биотехнические системы и технологии" Н. А. Кореневский, Е. П. Попечителей. Старый Оскол: ТНТ. 2014. 445 с.

2 Халафян А. А. Современные статистические методы медицинских исследований. М.: Издательство ЛКИ, 2013, 320 С.- ISBN: 978-5-382-01437-1.

3 Биомедицинская аналитическая техника. Учебное пособие. СПб: 'Политехника', 2012. 353 С.

4 Датчики: Справочное пособие. Часть -1. -1. М. : РИЦ 'Техносфера', 2012. 624 С.

## **Вопросы к вступительному испытанию по специальной дисциплине «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»**

### **1. Основы радиоэлектронных систем (РЭС) и систем связи**

Классификация РЭС. Обобщенная структурная схема РЭС. Эксплуатационно-тактические характеристики РЭС. Технические характеристики РЭС. Энергетические характеристики РЭС. Методы измерения расстояний. Методы измерения угловых координат. Методы измерения скорости движения объектов. Методы измерения углов ориентации летательных аппаратов. Методы радиолокационного обзора пространства. Методы определения местоположения объектов. Метод измерения угловой скорости движения объектов. Одноканальные РЭС передачи информации. Многоканальные РЭС передачи информации. Цифровые методы передачи информации. Общие принципы построения систем радиоуправления. Методы наведения летательных аппаратов. Системы радиотеленаведения. Системы командного радиотелеуправления.

### **2. Системы телекоммуникаций и телевидения**

Основные принципы телекоммуникаций и телевидения. Преобразователи оптических изображений в электрические сигналы. Преобразователи электрических сигналов в оптическое изображение. Методы передачи информации о цвете. Вещательные системы цветного телевидения. Вещательная система ТЕЛТЕКСТ. Интерактивные системы ВИДЕОТЕКСТ. Стереотелевидение. Промышленные телевизионные установки. Телевизионные автоматы и полуавтоматы. Космические системы телевидения. Применение систем спутникового телевидения. Видеомагнитофоны.

### **3. Основы нанoeлектроники**

#### **3.1. Особенности энергетического спектра частиц в системах пониженной размерности**

Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке. Потенциальный барьер конечной ширины. Интерференционные эффекты при надбарьерном пролете частиц. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Особенности движения частиц над потенциальной ямой. Движение частиц в сферически симметричной прямоугольной потенциальной яме. Энергетический спектр и волновые функции линейного, плоского и сферического осциллятора. Энергетические состояния в прямоугольной квантовой яме сложной формы. Структура со сдвоенной квантовой ямой. Прохождение частиц через многобарьерные квантовые структуры. Энергетический спектр сверхрешеток. Классификация полупроводниковых сверхрешеток. Низкоразмерные системы с цилиндрической и сферической симметрией.

#### **3.2. Влияние однородного энергетического поля на энергетический спектр систем пониженной размерности**

Энергетический спектр бесконечной прямоугольной потенциальной ямы в однородном электрическом поле. Оценка смещения энергетических уровней под действием электрического поля в прямоугольной КЯ конечной глубины. Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр параболической потенциальной ямы. Интерференциональная передислокация электронной плотности в туннельно-связанных квантовых ямах. Потенциальная ступенька в однородном электрическом поле. Прохождение частиц через двухбарьерную структуру в электрическом поле. Влияние однородного электрического поля на двухэлектронные состояния квантовой точке. Энергетический спектр сверхрешетки из квантовых точек в постоянном электрическом поле.

#### **3.3. Распределение квантовых состояний в системах пониженной размерности**

Особенности распределения плотности состояний в 2D-системах. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации электронов и толщины пленки для 2D-систем.



Распределение плотности состояний в квантовых проволоках и квантовых точках. Влияние дополнительного пространственного ограничения на энергетический спектр связанных состояний В одномерной  $\delta$ -образной потенциальной яме. Энергетический спектр мелких примесных состояний в системах пониженной размерности. Влияние размерного квантования на состояния мелкого экситона. Энергетический спектр полупроводниковых пленок типа n-GaAs. Энергетический спектр электронов в размерно-квантовых пленках Ge и Si. Энергетический спектр в полупроводниковых пленках с вырожденными зонами. Энергетический спектр в квантовой точке с параболическим удерживающим потенциалом.

#### **4. Материаловедение полупроводников**

Химические связи в твердых телах. Металлы. Металлы. Металлическая связь. Полупроводники. Ковалентная (гомеополярная) связь. Ионная (гетерополярная) связь. Атомные (ионные) радиусы.

Диаграммы фазового равновесия (диаграммы состояния). T–X-диаграммы состояния двухкомпонентных систем.

Диаграммы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Построение и анализ диаграмм состояния с неограниченной растворимостью по данным об изменении термодинамического потенциала. Коэффициенты распределения

Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с ограниченной растворимостью компонентов.

Переход от неограниченной растворимости к ограниченной. Диаграммы состояния с эвтектическим превращением. Диаграммы состояния с перитектическим превращением. Диаграммы состояния с химическими соединениями. Отклонения от равновесного состояния. Роль диаграмм состояния при выборе условий кристаллизации и термической обработки.

T–X-диаграммы состояния трех- четырехкомпонентных систем

Тройные диаграммы состояния с неограниченной растворимостью. Тройные диаграммы состояния с тройной эвтектикой при отсутствии взаимной растворимости компонентов. Тройные диаграммы состояния с устойчивым химическим соединением. Тройные диаграммы состояния с неустойчивым (инконгруэнтно плавящимся) химическим соединением. Диаграммы состояния четырехкомпонентных систем.

P–T, P–T–X-диаграммы состояния

P–T-диаграммы состояния. P–T–X-диаграммы состояния.

#### **5. Материалы микроэлектроники**

Общие сведения о материалах микроэлектроники

Определение понятия «материал». Основные характеристики материалов. Характеристики качества материалов. Классификация материалов. Физические основы строения металлов и сплавов. Полупроводники и их свойства. Диэлектрики их свойства. Магнитные материалы и их свойства. Пластические материалы и их свойства. Светочувствительные материалы их свойства. Материаловедческие аспекты производства ГИМС и МСБ.

Материалы толстопленочных ГИМС

Подложки. Проводниковые пасты. Припойные пасты. Резистивные пасты. Диэлектрические пасты. Пасты и композиции на основе металлоорганических соединений. Фотополимерные пасты.

Материалы для тонкопленочных интегральных микросхем.

Фоторезисторы и их свойства. Рентгено- и электронорезисты. Светочувствительные эмульсии. Проявители для фото- и электронорезистов. эмульсий. Растворители для фото- и электронорезистов. Материалы для фотошаблонов.

Материалы для защиты полупроводниковых компонентов и p-n-переходов, припои и клеи. Материалы для корпусов и обработки подложек и пластин

Основные требования. Защитные лаки, эмали и компаунды. Защитные стекла. Типы припоев. Типы клеев.

Материаловедческие и конструктивно-технологические особенности корпусов. Стекла. Металлы и сплавы. Пластмассы. Керамика. Вакуумно-плотная керамика. Оксид алюминия. Вакуумно-плотная керамика ВК-94. Литьевые шликеры и пленки.

Классификация абразивных материалов. Алмазные порошки и пасты. Полировочные материалы. Материалы для шлифовальных и полировальных. Материалы для отмывки пластин.

Химические жидкие смеси для травления. Методы уменьшения шероховатости поверхности подложек. Очистка подложек и методы ее контроля.

## **6. Полупроводниковые приборы**

Основные сведения по физике полупроводников.

Энергетические зоны полупроводников. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Концентрация носителей заряда в полупроводнике при термодинамическом равновесии. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Время жизни неравновесных носителей заряда. Процессы переноса зарядов в полупроводниках. Температурные зависимости концентрации носителей заряда и положения уровня Ферми. Температурные зависимости подвижности носителей заряда и удельной проводимости. Полупроводники в сильных электрических полях. Оптические свойства полупроводников. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Обедненные, инверсные и обогащенные поверхностные слои.

Поверхностная рекомбинация. Проводимость канала поверхностной электродности.

Вольт-амперная характеристика диода в полулогарифмических координатах. Переходные процессы во диодах. Выпрямительные плоскостные низкочастотные диоды. Селеновые выпрямители. Импульсные диоды. Диоды Шоттки. Диоды с резким восстановлением обратного сопротивления. Сверхвысокочастотные диоды. Стабилитроны. Стабисторы. Шумовые диоды. Лавинно-пролетные диоды. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Варикапы. Надежность диодов.

Биполярные транзисторы

Структура и основные режимы работы. Распределение стационарных потоков носителей заряда. Распределение носителей заряда. Постоянные токи при активном режиме. Явления в транзисторах при больших токах. Статические параметры. Пробой транзисторов. Статические характеристики. Работа транзистора на малом переменном сигнале. Малосигнальные параметры. Эквивалентные схемы. Эквивалентная схема одномерной теоретической модели. Барьерные емкости переходов и сопротивление базы. Частотные характеристики. Работа транзистора на импульсах. Шумы в транзисторах. Технология изготовления и конструкция биполярных транзисторов. Однопереходные транзисторы. Надежность транзисторов.

Тиристоры

Диодные тиристоры. Диодный тиристор с зашунтированным эмиттерным переходом. Триодные тиристоры. Тиристоры, проводящие в обратном направлении. Симметричные тиристоры. Способы управления тиристорами. Конструкция и технология изготовления тиристоров

Полевые транзисторы

Полевые транзисторы с управляющим переходом. Расчет выходных статических характеристик полевого транзистора с управляющим переходом. Эквивалентные схемы полевого транзистора с управляющим переходом. Частотные свойства полевых транзисторов с управляющим переходом. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Расчет выходных статических характеристик полевого транзистора с изолированным затвором. Параметры и свойства полевых транзисторов с изолированным затвором.

## **7. Основы микроэлектроники**

Основные положения микроэлектроники и направления её развития

Этапы миниатюризации и микроминиатюризации элементов электронной аппаратуры. Общая характеристика микроэлектроники. История развития микроэлектроники. Изделия микроэлектроники и классификация интегральных микросхем. Система обозначений интегральных микросхем.

Физические принципы работы и создания интегральных микросхем

Явления, процессы и методы, используемые в интегральной микроэлектронике. Общая характеристика явлений и процессов, определяющих функционирование ИМС. Базовые физико-химические методы создания микроэлектронных структур.

Полупроводниковые интегральные микросхемы

Типовые конструкции и структура полупроводниковых ИМС. Биполярные транзисторы. МДП-транзисторы. Диоды. Полупроводниковые резисторы. Полупроводниковые конденсаторы. Технология изготовления биполярных ИМС. Технология изготовления МДП-ИМС. Сборка и герметизация полупроводниковых ИМС. этапы разработки и проектирования полупроводниковых ИМС.

Гибридные интегральные микросхемы

Конструкция гибридных ИМС. Элементы толстоплёночных гибридных ИМС. Методы получения тонких плёнок. Подложки для гибридных ИМС. Плёночные резисторы. Плёночные конденсаторы. Индуктивные элементы в плёночных ИМС. Плёночные проводники и контактные площадки. Межслойная изоляция. Методы получения различных конфигураций пассивных элементов гибридных ИМС. Навесные компоненты гибридных ИМС. Корпусы для гибридных ИМС. Основные принципы разработки и этапы проектирования гибридных ИМС. Исходные данные для проектирования гибридных ИМС. Проектирование топологии и конструкции гибридных ИМС.

Технология получения гибридных ИМС и оборудование

Получение тонкоплёночных микросхем. Методы получения тонких пленок. Получение заданного рисунка микросхем. Влияние условия осаждения на свойства ТПР. Влияние условия осаждения на свойства ТПК. Структура тонких пленок. Стехиометрия тонких пленок. Методы

повышения стехиометрии и тонких пленок. Стабильность тонкоплёночных элементов (ТПЭ) микросхем. Пути повышения стабильности ТПЭ.

Термообработка. Электротренировка. Герметизация гибридных ИМС. Технология получения толстоплёночных микросхем. Технология сборки и монтажа гибридных ИМС. Вакуумные установки. Подколпачная оснастка. Средства получения низкого вакуума. Средства получения высокого вакуума. Средства контроля вакуума. Методы измерения толщины тонких пленок. Измерение скорости осаждения тонких пленок. Установки для нанесения паст. Вжигание паст.

Методы обеспечения точности номиналов элементов прецизионных гибридных ИМС

Пассивная подгонка. Критерий целесообразности проведения подгонки. Индивидуальная подгонка. Групповая подгонка. Комбинированная подгонка. Функциональная подгонка. Технологические методы подгонки ТПР. Лазерный метод. Электроискровой метод. Токовая подгонка. Анодное окисление. Высокочастотный метод. Механический метод. Пескоструйный метод. Подгонка отжигом. Электроннолучевая подгонка. Химический метод. Метод уплотнения резистивного слоя. Сравнительная оценка методов подгонки. Подгонка ТПК в сторону уменьшения емкости. Технологические методы подгонки. Подгонка ТПК в сторону увеличения емкости.

**8. Функциональная микроэлектроника** Приборы с зарядовой связью

Принцип действия прибора. Механизм перемещения зарядового пакета. Стоп-каналы. Фоновый заряд. Ввод информации. Вывод информации. Конструкции ПЗС. Технология изготовления ПЗС. Основные характеристики ПЗС. Применение ПЗС. Перспективы развития и использования ПЗС.

Устройства на основе эффекта междолинного электронного перехода

Общая характеристика эффекта междолинного перехода. Многоэлектродные устройства функциональной электроники на основе междолинного электронного перехода.

Магнитная микроэлектроника

Запоминающие элементы на плоских магнитных доменах. Запоминающие устройства на цилиндрических магнитных доменах.

Устройства оптической электроники

Основные понятия. Физические принципы действия полупроводниковых и твердотельных элементов оптической техники. Параметры и характеристики оптопар. Приёмо-передающие оптоэлектронные устройства. Сферы применения устройств оптоэлектроники.

Акустоэлектронные приборы на поверхностных волнах

Встречно-штырьевой преобразователь. Фильтры на ПАВ. Резонаторы на поверхностных волнах. Волноводы поверхностных волн. Акустоэлектронные усилители.

Микроэлектронные устройства на основе нейристоров

Основные свойства нейронов и нейристоров. Нейристоры на основе многослойных структур. Нейроконы и другие устройства на основе нейристоров.

Микроэлектронные устройства на основе хемотроники и биоэлектроники  
Диэлектрическая электроника. Хемотроника. Биоэлектроника. Дальнейшее развитие микроэлектроники

## **9. Технологическая подготовка производства**

Организация технологической подготовки на предприятиях радиоэлектронных отраслей. Разновидности и специфика технологических процессов в производстве устройств электроники, радиотехники и связи (УЭРТС). Роль типизации технологии в производстве УЭРТС. Дифференциация, концентрация, механизация и автоматизация технологических процессов. Основные факторы, влияющие на объект стандартизации типовых технологических процессов. Методы и средства ускоренной подготовки производства. Методы групповой технологии в производстве изделий радиоэлектроники.

Основная технологическая документация. Сущность машинных методов проектирования технологических процессов и технологической подготовки производства.

## **10. Физико-химические основы технологии устройств**

Элементы термодинамики, кинетики и статистической физики. Основные представления о термодинамике и кинетике обратимых и необратимых процессов в технологии УЭРТС. Число степеней свободы технологической системы.

Основы физико-химического анализа технологических процессов изготовления УЭРТС. Основные физико-химические закономерности, используемые для анализа технологических процессов производства УЭРТС. Закономерности процессов взаимодействия жидких, газообразных и плазменных сред с твердыми телами, используемых для растворения, травления и отмычки поверхностей элементов и изделий УЭРТС. Физико-химические свойства сред.

Физико-химические закономерности создания проводящих, полупроводниковых, диэлектрических, резистивных, магнитных и других слоев, работающих как элементы УЭРТС. Химические и электрохимические методы осаждения слоев из паровой и плазменной сред.

Физико-химические закономерности процессов монтажа и сборки УЭРТС. Закономерности создания неразъемных контактов и соединений элементов и узлов УЭРТС. Закономерности процессов пайки и сварки, накрутки, склеивания и других. Закономерности процессов герметизации элементов, узлов и изделий УЭРТС. Закономерности процессов монтажа и сборки разъемных соединений.

## **11. Анализ и синтез технологических процессов по критериям точности и стабильности**

Основные понятия и определения. Производственные погрешности и источники их возникновения. Определение технологической точности и критерии ее оценки. Устойчивость и стабильность технологических процессов. Понятия мгновенного и полного распределений производственных погрешностей, теоретическая точностная диаграмма технологического процесса.

Основные теоретические, схемы возникновения производственных погрешностей. Теоретические законы распределения величин, образованных по схеме суммы. Распределение по нормальному закону. Распределение с функцией  $a(t)$ . Распределение с функцией  $b(t)$ . Распределение с функцией  $a(t)$  и  $b(t)$ . Распределение при наличии доминирующего слагаемого.

Теоретические законы распределения функций величин, образованных по схеме суммы. "Усеченное" распределение.

## **12. Методы оптимизации технологических процессов производства УЭРТС**

Системный подход при исследовании технологических процессов изготовления УЭРТС. Структура сложных технологических процессов. Основные определения и понятия больших систем. Иерархия систем. Исследование сложных систем.

Моделирование сложных технологических систем производства УЭРТС. Физическое и математическое моделирование. Требования к процессу моделирования. Классификация математических моделей. Детерминированные и стохастические модели. Принцип "черного ящика". Основные задачи моделирования технологических процессов при изготовлении УЭРТС.

Оптимизация как основная задача моделирования. Понятие о критерии оптимизации, целевой функции, факторном пространстве и поверхности отклика. Классификация методов оптимизации. Методы математического программирования. Градиентные методы оптимизации. Статистические методы. Дисперсионный анализ. Регрессионный анализ. Корреляционный анализ.

## **13. Основы контроля и управления качеством в технологии производства УЭРТС**

Методические основы контроля и управления качеством. Основные понятия качества, квалификация видов контроля УЭРТС, применяемых в их производстве. Критерии качества и методика аттестации качества УЭРТС. Формирование иерархической системы управления качеством УЭРТС. Энтропийный подход к управлению качеством УЭРТС. Многостадийный подход к оптимизации системы управления качеством. Принципы проектирования и общие требования к организации системы управления качеством УЭРТС.

Погрешности при измерении параметров УЭРТС. Виды погрешностей. Риск поставщика и риск заказчика при стопроцентном контроле параметров УЭРТС. Определение необходимой точности измерительной аппаратуры в зависимости от рисков заказчика и изготовителя, а также пределов изменения измеряемых параметров.

Выборочные методы контроля. Виды выборок при контроле технологического процесса УЭРТС. Оценка выборочных характеристик. Выбор оценки генеральных характеристик. Определение необходимой численности выборки.

## **14. Автоматизированные системы управления технологическими процессами производства УЭРТС**

Основные понятия и принципы построения АСУ ТП УЭРТС. Методологические принципы разработки АСУ ТП. Организация централизованной нормативно справочной базы в памяти ЭВМ. Организационно-технические принципы АСУ ТП УЭРТС. Состав и структура АСУ ТП УЭРТС.

Исследование системы управления технологическими процессами радиотехнического предприятия. Особенности и этапы разработки модели системы управления. Исследование информационных потоков о технологии УЭРТС. Метод последовательного анализа задач управления. Метод анализа и оптимизации внутри- и

межзаводских технологических документов, и их потоков с использованием транспортных моделей.

Автоматизация управления производством. Научно-техническое информационное обеспечение АСУП и АСУ ТП УЭРТС. Социально-психологические аспекты АСУ ТП УЭРТС. Принципы автоматизации управления объединением. Основные понятия и обеспечение надежности АСУ ТП УЭРТС.

### **15. Физико-технологические основы надежности и испытания УЭРТС**

Обеспечение надежности УЭРТС на этапе проектирования и изготовления. Пути повышения надежности УЭРТС. Физическая модель производства как совокупность физико-химических, сборочно-монтажных и регулировочных процессов, обеспечивающих надежность УЭРТС.

Математико-статистические методы оценки надежности УЭРТС. Определение надежности и ее основных свойств: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Количественные показатели надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий. Экспериментальные методы определения количественных показателей надежности. Выборочные методы при испытании УЭРТС. Оценка с помощью выборочных характеристик надежности, генеральной совокупности. Гипергеометрическое, биномиальное и пуассоновское распределение отказов изделий при испытаниях. Классификация испытаний УЭРТС в соответствии с действующими стандартами.

Исследование отказов УЭРТС в процессе их изготовления и испытаний. Классификация отказов и критерии отказов УЭРТС. Неразрушающие методы исследования отказов. Характеристика схем первичного и вторичного анализа отказов. Характерные виды отказов элементов, функциональных блоков и систем радиоаппаратуры. Выбор вида нагрузки при испытаниях УЭРТС на основе анализа их отказов.

### **Основная литература**

1. Основы радиотехнических систем: учеб. / Б.А. Никольский. – Самара: Изд-во Самарского гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 314 с. (10 экз.).
2. Основы конструирования электронных средств: учеб. для студентов вузов / А.В. Зеленский, Г.Ф. Краснощекова. – Самара: Изд-во Самарского гос. аэрокосм. ун-та, 2014. – 228 с. (40 экз.).
3. Основы конструирования интегральных микросхем: учеб. пособие для студентов вузов / А.И. Меркулов, В.А. Меркулов. – Самара: Изд-во Самарского гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 269 с. (20 экз.).
4. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж.М. Мартинес-Дуарт, Р.Дж. Мартин-Палма, Ф. Агулло-Руеда. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с. (6 экз.).
5. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Текст] : учеб. пособие для вузов / С.И. Боритько, Н.В. Дементьев, Б.Н. Тихонов, И.А. Ходжаев.-М.: Горячая линия – Телеком, 2007.-374с. (1 экз.).
6. Основы проектирования и технологии радиоэлектронных средств: [учеб. Пособие для вузов] / Г.Ф. Баканов, С.С. Соколов, В.Ю. Суходольский; под ред. И.Г. Мироненко.-М.: Академия, 2007.-385с. (1 экз.+2 экз. на кафедре).
7. Электронные средства. Конструкции и расчетные модели: [ учеб. пособие для вузов] / А.В. Зеленский, Г.Ф. Краснощекова; М-во образования и науки РФ, Самарский гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). (46 экз.).
8. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств.-М.: Техносфера, 2007г.-256с. (23 экз.).
9. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW.-М.: ДМК-Пресс, 2007. (1 экз.).

## Дополнительная литература

10. Шахгильдян, В.В. Проектирование устройств генерирования и формирования сигналов в системах подвижной радиосвязи [Текст]: учеб. пособие для вузов : [по направлению по. – М.: СОЛОН-Пресс, 2013. – 388 с.]:

11. Основы физики твердого тела: учеб. пособие / В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский. – 2-е изд., перераб. – Самара: Изд-во СГАУ, 2013. – 215 с.

12. Горячкин О.В. Лекции по статистической теории систем радиотехники и связи.-М.: Радиотехника, 2008. (2 экз. на кафедре).

13. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях. / Под ред. В.Ф. Кравченко.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.-544с. (1 экз. на кафедре).

14. Телевидение: Учебник / В.Е. Джакония и др.- М.: Радио и связь, 1997. - 640с.

15. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие. - М.: ЛБЗ, 2000. - 488с.

16. Брацлавец П.Ф, Росселевич И.А., Хромов Л И. Космическое телевидение. - М.: Связь, 1973. -248с.

17. Управление качеством электронных средств: Учебник / О.П. Глудкин и др. М.: Высшая школа, 1994. - 414с.

18. Пиганов М.Н. Технологические основы обеспечения качества микросборок: Учебное пособие-Самара: СГАУ, 1999. -231с.

19. Гусев В. П. Технология радиоаппаратостроения - М.: Высшая школа, 1972. - 490с.

20. Ушаков Н. Н. Технология производства электронно-вычислительных устройств - М.: Высшая школа, 1974. - 320с.

21. А. Н., Иванов Ю. В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов. - М.: Машиностроение, 1974. - 343с.

22. Пятибратов, А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации [Текст]: учеб. пособие для вузов. – М.: КНОРУС, 2019. – 372с.

23. Черняев В Н Технология производства интегральных микросхем. - М.: Энергия. 1977. - 375с. 24. Точность в машиностроении и приборостроении. Учебник / А. Н. Гаврилов. - М.: Машиностроение, 1973. - 556с.

25. Глудкин О Н., Обичкин Ю Г., Блохин В Г. Статистические методы в технологии производства РЭА. М., «Энергия», 1977, 293 с.

26. Бусленко Н. П Математическое моделирование производственных процессов. - М.: Наука, 1964. -230с.

27. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 276с.

28. Основы автоматического управления: Учебник / В. С. Пугачев. - М., Наука, 1974. - 719с.

29. Ермолаев Ю. П., Пономарев М. Ф., Крюков Ю. Г. Конструкции и технология микросхем (ГИС и БГИС). - М.: Сов. радио, 1980. - 256с.

30. Глудкин О П., Черняев В Н. Технология испытания микроэлементов радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем. - М.: Энергия, 1980. - 360с.

31. Гаскаров Д. В.. Голинкевич Т. А., Мозгалеvский А. В. Прогнозирование технологического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры - М.: Сов. радио, 1974. - 224с.

32. Черняев В Н Физико-химические процессы в технологии РЭА. - М.: Высшая школа, 1987.-376с.

33. Ефимов И. Е., Козырь И. Я.. Горбунов Ю И Микроэлектроника - М.: Высшая школа, 1986. -464с.

34. Кейджян Г. А. Прогнозирование надежности микроэлектронной аппаратуры на основе БИС. -М.: Радио и связь, 1987. - 152 с.

35. Драгунов, В. П. Основы наноэлектроники [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника", специальностям "Микроэлектроника и твердотел. электроника" и "Микросистем. техника"] / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига, Логос, 2006. - 494 с.. (102 экз.).



## Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру

Вступительные испытания по специальной дисциплине проходят по билетам с вопросами. Каждый билет содержит по два вопроса. Испытание проводится в сочетании письменной и устной формы, при которой подготовка к ответу осуществляется в письменной форме на экзаменационных листах, а сам ответ на вопросы, поставленные в билете, и дополнительные вопросы комиссии осуществляется в устной форме.

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру проводится по 10-ти балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка, баллы	Критерии
1	Нет ответа
2	Нет понимания предмета
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя
4	Ответ с тремя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос, даже с помощью преподавателя
5	Ответ с двумя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
6	В целом положительный ответ с несколькими незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с одной - двумя незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.
10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.