

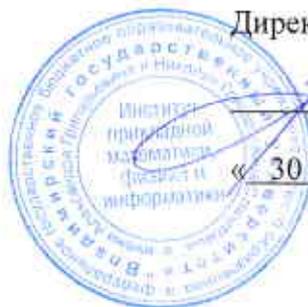
19

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



\_\_\_\_\_ К.С. Хорьков

« 30 » 08 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ**

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

**28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

**Нанотехнологии и микросистемная техника**

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир  
Год 2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике» является изучение студентами теоретических основ построения электронных средств, назначения и физических принципов действия элементов и компонентов приборов микросистемной техники, электрических и оптических эффектов формирования и преобразования информационных сигналов; практическое усвоение классообразующей структуры и уровней конструктивной иерархии электронных средств; технологий изготовления микроэлектронных блоков, узлов и элементной базы, включая нанотехнологии; методов и средств проектирования типовых конструкций электронных средств, устройств коммуникации и линий связи; нормативно-технических, конструкторских и технологических документов промышленного производства.

Задачи:

- познакомить студентов с этапами жизненного цикла, условиями и режимами эксплуатации микроэлектронных и нанoeлектронных приборов и устройств, с методами и средствами автоматизации процесса проектирования электронных средств;
- сформировать у студента целостное представление о классообразующей приборной структуре и уровнях конструктивной иерархии изделий и элементной базы электронных средств, о типовых конструкциях и технологиях изготовления электронных блоков, узлов, каналов связи и межсоединений, о закономерностях функционирования приборов и их взаимосвязи с электрофизическими свойствами материалов и режимами технологических операций процессов изготовления изделий;
- развить практические навыки работы с нормативно-техническими конструкторскими и технологическими документами, методиками проектирования узлов, блоков и устройств коммуникации, с методикой оценки технологичности конструкторских проектных решений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике», соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
УК1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации. УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Знает источники информационно-патентного исследования объекта проектирования. Умеет систематизировать структурные элементы конструкции изделий электронных средств. Владеет навыками практической работы с нормативно-техническими документами.	Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты, курсовые работы. Отчет по практической подготовке (приложение 1)
УК4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на	УК-4.1. Знает литературную форму государственного языка, основы устной и письменной коммуникации на иностранном языке, функциональные стили родного языка, требования к	Знает требования и правила оформления текстовых документов. Умеет излагать принятые технические решения в устной и письменной форме.	Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты, курсовые работы.

государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	деловой коммуникации. УК-4.2. Умеет выражать свои мысли на государственном, родном и иностранном языке в ситуации деловой коммуникации. УК-4.3. Владеет навыками составления текстов на государственном и родном языках, опыт перевода текстов с иностранного языка на родной, опыт общения на государственном и иностранном языках.	Владеет навыками составления текстовых конструкторских и технологических проектных документов.	Отчет по практической подготовке (приложение 1)
УК6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1. Знает основные принципы самовоспитания и самообразования, исходя из требований рынка труда. УК-6.2. Умеет эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития, самообучения. УК-6.3. Владеет способами управления своей познавательной деятельностью и удовлетворения образовательных интересов и потребностей.	Знает правила и требования работодателя к соблюдению трудовой дисциплины. Умеет составлять краткосрочные и долгосрочные планы повышения квалификации. Владеет методами и средствами удаленного доступа к информационным ресурсам повышения квалификации.	Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты, курсовые работы. Отчет по практической подготовке (приложение 1)
ПК1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	ПК-1.1. Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.2. Умеет решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.3. Владеет математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Знает физико-математические основы моделирования структуры электронных средств. Умеет применять средства компьютерного моделирования при решении конструкторских задач проектирования функциональных узлов. Владеет расчетной методикой компьютерного моделирования и анализа параметров и характеристик объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты, курсовые работы. Отчет по практической подготовке (приложение 1)

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике» составляет 6 зачетных единиц, 216 часов

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Назначение, физические основы и материалы элементов и	7	1-6	6	6	12	-	39	Блиц-опрос, рейтинг-контроль

	компонентов электронных средств								1
2	Структурные и функциональные схемы электронных средств	7	7-12	6	6	12	-	39	Блиц-опрос, рейтинг-контроль 2
3	Средства проектирования, изготовления и контроля электронных средств	7	13-18	6	6	12	-	39	Блиц-опрос, рейтинг-контроль 3
Всего за 1 семестр:		7	1-18	18	18	36	-	117	Экзамен
Наличие в дисциплине КР/КР		7	1-18	-	-	-	-	-	зачет (КР)
Итого по дисциплине		7	1-18	18	18	36	-	117	Экзамен, 27 / зачет (КР)

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

**Раздел 1.** Назначение, физические основы и материалы элементов и компонентов электронных средств

**Тема 1** Физические основы элементов и компонентов электронных средств

**Содержание темы.**

Электроника - область науки, техники и производства; физическая, техническая и промышленная электроника; сферы применения и преимущества микронных средств. Виды физических полей; диапазоны электромагнитных излучений. Типы межзонных и внутризонных энергетических переходов электронов внутри атома с испусканием и поглощением квантов энергии. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках; длина свободного пробега. Физическая природа составляющих прямого и обратного тока р-п перехода; структурные модели биполярных и униполярных элементов. Гетеропереходы, их структура и основные энергетические диаграммы.

**Тема 2** Материалы электронных средств

**Содержание темы.**

Классификации материалов; конструкционные и технологические материалы. Последовательность переработки вещества в изделия электронной техники; получение полупроводниковых материалов по методу Чохральского. Дефекты кристаллических решеток по Френкелю и по Шоттки; растворы внедрения и замещения; диффузия в твердых телах.

**Тема 3** Направления развития конструкции и видов производства электронных средств

**Содержание темы.**

Виды производства - единичный, серийный, массовый; основной и вспомогательный процессы микронного производства. Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входности) электронных средств. Признаки системности конструкции; соотношение понятий проектирование и конструирование электронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование; комплексная микроминиатюризация электронных средств; средства проектирования.

**Раздел 2.** Структурные и функциональные схемы электронных средств

**Тема 1** Структура электронных средств

**Содержание темы.**

Назначение и структурно-функциональные схемы средств электроники, фотоники и оптроники. Функциональные узлы (ячейки), субблоки и блоки электронных средств. Схемы компоновки комплексов и систем. Пассивная и активная элементная база изделий полупроводниковой микроэлектроники; электрорадиоэлементы и устройства функциональной электроники.

**Тема 2** Элементы и компоненты изделий микроэлектроники

**Содержание темы.**

Физическая природа межатомной связи в твердых кристаллических полупроводниках; характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах. Молекулярные кристаллы; природа дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющих взаимодействия сил Ван-дер-Ваальса. Корпусные и бескорпусные цифровые микросхемы на

униполярных транзисторах – МОП и КМОП-логика; цифровые микросхемы на биполярных транзисторах.

### **Тема 3** Элементы и компоненты изделий оптоэлектроники

#### **Содержание темы.**

Элементная база изделий оптоэлектроники; источники и приемники излучений. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов, лазерных линеек и матриц. Назначение и физико-технологическая структура фоторезисторов, фотодиодов, фототранзисторов и фототиристоров.

### **Раздел 3.** Средства проектирования, изготовления и контроля электронных средств

#### **Тема 1** Микроэлектронные технологии в нанoeлектронике

#### **Содержание темы.**

Группы интегральных микросхем в едином конструктивно-технологическом исполнении; серии микросхем; полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления; микросборки. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов.

#### **Тема 2** Технологии межсоединений элементов и компонентов электронных средств

#### **Содержание темы.**

Технологические процессы межсоединений - коммутационных оснований; объемный и плоскостной монтаж; технология печатного и интегрального монтажа; световоды; волоконно-оптические линии связи. Функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и моносхемный методы проектирования коммуникационных оснований.

#### **Тема 3** Методы контроля и испытания электронных средств

#### **Содержание темы.**

Типовые технологические процессы; рабочее место, производственный участок, цех, технологические операции, переходы, оборудование и оснастка. Виды основных и вспомогательных технологических документов; карты технологического процесса – маршрутные, операционные, эскизов. Методы разрушающего и неразрушающего, прямого и измерительного контроля изделий. Технологичность конструкции изделий; экономические, качественные и количественные показатели конструктивного совершенства – системы коэффициентов и требований. Комплексный показатель технологичности конструкции. Обработка конструкции изделия на технологичность; метод экспертных оценок.

#### **Рекомендуемые темы курсовых работ**

Разработка конструкции бескорпусной ячейки печатного монтажа цифрового и аналогового функционального узла первого конструктивного уровня входимости стационарных и мобильных малогабаритных электронных средств: радиоприемник, радиопередатчик, усилитель, сумматор, фильтр, преобразователь (ЦАП, АЦП), генератор, инвертор, формирователь, повторитель, компаратор и др.

#### **Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине**

**Раздел 1.** Назначение, физические основы и материалы элементов и компонентов электронных средств

#### **Тема 1** Физические основы элементов и компонентов электронных средств

#### **Содержание практических/лабораторных занятий.**

Объект, предмет, цель и результат научного исследования в области техники электронных средств и микроэлектронных технологий.

Диапазоны электромагнитных излучений - примеры техники изделий электроники.

#### **Тема 2** Материалы электронных средств

#### **Содержание практических/лабораторных занятий.**

Анализ свойств материалов микроэлектронных средств и оптико-электронных блоков и узлов.

Физические основы развития оптико-электронных средств и совершенствования материалов оптоэлектроники.

#### **Тема 3** Направления развития конструкции и видов производства электронных средств

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Производственный и технологический процессы изготовления электронных средств.

Этапы жизненного цикла электронных средств. Примеры профессиональной деятельности бакалавра техники и технологии на различных этапах жизненного цикла электронных средств.

Признаки системности конструкции электронных средств. Уровни входимости конструкции (уровни конструктивной иерархии – элементная база, микросборка, ячейка, субблок, блок, система).

Совершенствование конструкции электронных средств, их основополагающих параметров и характеристик. Соотношение понятий проектирование и конструирование электронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование. Средства проектирования.

Определяющие факторы развития конструкций специальных (профессиональных) и электронных средств широкого пользования (бытовых). Исходные данные процесса конструирования электронных средств; электрические схемы электронных средств - структурная, функциональная, принципиальная. Функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и моно-схемный методы конструирования ячеек электронных средств; социальные предпосылки перехода от «мебельного» к «приборному» стилю конструирования бытовых электронных средств.

Компоновка электронных средств, определяющие факторы. Уровни конструктивной иерархии оптоэлектронных средств мобильной связи.

**Раздел 2.** Структурные и функциональные схемы электронных средств

**Тема 1** Структура электронных средств

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Назначение электронных средств. Типовая структура средств фотоники и оптроники.

Исследование структуры электронных средств, уровней конструктивной иерархии, этапов жизненного цикла. Методы проектирования и технологии изготовления элементной базы.

Исследование электрических и волоконно-оптических линий связи, жгутов, оптических кабелей, соединителей и разветвителей. Методы проектирования и технологии изготовления.

**Тема 2** Элементы и компоненты изделий микроэлектроники

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Поколения и составные части электронных средств. Совершенствование элементной базы.

Микросборка как подуровень 1-го конструктивного уровня электронных средств.

**Тема 3** Элементы и компоненты изделий оптоэлектроники

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Виды изделий оптоэлектронных средств. Основной и вспомогательный производственные процессы предприятий оптоэлектронного производства.

Структура, параметры и характеристики светодиода. Типовая конструкция светодиода. Типовая конструкция лазерного диода. Типовая конструкция линейки лазерных диодов. Типовая конструкция матрицы лазерных диодов.

**Раздел 3.** Средства проектирования, изготовления и контроля электронных средств

**Тема 1** Микроэлектронные технологии в нанoeлектронике

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Прогресс микроэлектронных процессов производства электронных средств, комплексная микроминиатюризация, средства проектирования.

Разработка технологического процесса изготовления деталей оптико-электронных блоков и узлов.

Анализ технологичности конструкции оптико-электронных блоков, узлов и деталей.

**Тема 2** Технологии межсоединений элементов и компонентов электронных средств

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Методика термо-вакуумного формирования теплопроводов на коммутационных основаниях МЛД на установке THEBION EB4P3KWTN2-Ion.

Методика термозвуковой сварки контактов ЛЛД при сборке МЛД на установке K&S 4522.

Методика селективной сборки драйверов МЛД в полуавтоматическом и ручном режимах на установке IR/PL650 ремонтного центра фирмы ERSA.

Технология изготовления коммуникационных оснований микросборок.

Коммуникационные основания электронных средств в виде печатных и интегральных плат. Разновидности плат по технологии изготовления.

Тонкопленочные и толстопленочные технологии формирования проводников и пассивных компонентов на поверхности интегральных плат.

Основные требования к проектированию печатного монтажа, особенности трассировки и расчета элементов печатного монтажа. Преимущества и недостатки диэлектрических оснований печатных плат из гетинакса, текстолита и стеклотекстолита.

Многослойные печатные платы. Особенности монтажа электрорадиоэлементов и устройств функциональной электроники на печатных платах.

**Тема 3** Методы контроля и испытания электронных средств

**Содержание** практических/лабораторных занятий.

Методика измерения спектральных параметров ЛЛД на установке scld-10-ir.

Методика измерения электрических и оптических параметров ЛЛД на установке IELD-8.

Методика контрольно-измерительных операций процесса сборки МЛД.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **Вопросы к рейтинг-контролю 1**

Назначение средств электроники и оптоэлектроники. Виды физических полей. Диапазоны электромагнитных излучений. Получение полупроводниковых материалов по методу Чохральского. Принципы образования энергетических зон в полупроводниках. Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входимости) электронных средств. Признаки системности конструкции. Степень интеграции микросхем.

#### **Вопросы к рейтинг-контролю 2**

Физическая природа межатомной связи в твердых кристаллических полупроводниках; характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах. Пассивная и активная элементная база изделий полупроводниковой микроэлектроники. Электрорадиоэлементы и устройства функциональной электроники. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов. цифровые микросхемы на униполярных транзисторах – МОП и КМОП-логика; цифровые микросхемы на биполярных транзисторах. Элементная база изделий оптоэлектроники; источники и приемники излучений. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов, лазерных линеек и матриц.

#### **Вопросы к рейтинг-контролю 3**

Полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления микросхем; микросборки. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии. Технологические процессы межсоединений - объемный и плоскостной монтаж; технология печатного монтажа; световоды; волоконно-оптические линии связи. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов. Виды основных и вспомогательных технологических документов; карты технологического процесса – маршрутные, операционные, эскизов. Технологичность конструкторских решений как свойство изделий электроники; экономические, качественные и количественные показатели конструктивного совершенства –

системы коэффициентов и требований. Комплексный показатель технологичности конструкции; метод экспертных оценок.

## **5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).**

### **Контрольные вопросы к экзамену**

1. Назначение и структура электронных средств. Типовая структура средств фотоники и оптроники.
2. Диапазоны электромагнитных излучений - примеры техники изделий оптоэлектроники.
3. Этапы жизненного цикла электронных средств. Примеры профессиональной деятельности бакалавра техники и технологии на различных этапах жизненного цикла электронных средств.
4. Виды изделий электронных средств. Основной и вспомогательный производственные процессы предприятий микроэлектронного производства.
5. Поколения и составные части электронных средств. Элементы и компоненты изделий электроники.
6. Структура, параметры и характеристики светодиода. Типовая конструкция светодиода.
7. Типовая конструкция лазерного диода.
8. Типовая конструкция линейки лазерных диодов.
9. Типовая конструкция матрицы лазерных диодов.
10. Совершенствование конструкции электронных средств, их основополагающих параметров и характеристик. Определяющие факторы развития конструкций специальных (профессиональных) и электронных средств широкого пользования (бытовых).
11. Признаки системности конструкции электронных средств. Уровни входимости конструкции (уровни конструктивной иерархии электронных средств от нулевого до пятого).
12. Микросборка как подуровень 1-го конструктивного уровня электронных средств. Технология изготовления коммуникационных оснований микросборок.
13. Функционально-узловой, каскадно-узловой, схемно-узловой и моносхемный методы конструирования ячеек электронных средств.
14. Компоновка электронных средств, определяющие факторы. Уровни конструктивной иерархии оптоэлектронных средств мобильной связи.
15. Исходные данные процесса конструирования электронных средств. Электрические схемы электронных средств - структурная, функциональная, принципиальная.
16. Соотношение понятий проектирование и конструирование электронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование. Средства проектирования.
17. Технологичность конструкции электронных средств. Качественные и количественные показатели технологичности. Комплексный показатель оценки технологичности конструкции электронных средств.
18. Коммуникационные основания электронных средств в виде печатных и интегральных плат. Разновидности плат по технологии изготовления.
19. Тонкопленочные и толстопленочные технологии формирования проводников и пассивных компонентов на поверхности интегральных плат.
20. Основные требования к проектированию печатного монтажа, особенности трассировки и расчета элементов печатного монтажа. Преимущества и недостатки диэлектрических оснований печатных плат из гетинакса, текстолита и стеклотекстолита.
21. Многослойные печатные платы. Особенности монтажа электро-радиоэлементов и устройств функциональной электроники на печатных платах.
22. Основные способы охлаждения электронных средств. Элементы локального охлаждения функциональных ячеек электронных средств. Тепловые трубки. Типовые схемы охлаждения матриц лазерных диодов.
23. Внешние воздействия на электронные средства: вибрации, удары, ионизирующие излучения. Их характеристики и влияние на элементы конструкции и компоненты. Конструкторские способы виброзащиты элементов и узлов электронных средств.

24. Помехоустойчивость, радиационная стойкость и радиационная устойчивость электронных средств.

**5.3. Самостоятельная работа обучающегося** включает следующие виды деятельности:

- систематическое изучение учебного материала по конспектам лекций, по учебной и научной литературе;
- изучение методических указаний и подготовка к выполнению курсовой работы, к практическим и лабораторным занятиям;
- подготовка эссе (статьи) по индивидуальному заданию темы самостоятельного исследования;
- подготовка к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

**Темы эссе, рефератов, статей, практико-ориентированных заданий и курсовой работы**

Организационная структура университета и промышленного предприятия. Производственный и технологический процессы изготовления электронных средств.

Объект, предмет, цель и результат научного исследования в области микроэлектронного производства.

Виды материи и их составляющие. Модели физического состояния вещества и поля.

Виды производства; основной и вспомогательный производственные процессы; основные и неосновные средства микроэлектронного производства.

Виды изделий, области применения и преимущества средств оптоэлектроники.

Дефекты кристаллических решеток по Френкелю и по Шоттки; растворы внедрения и замещения.

Характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах. Природа дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющих взаимодействия сил Ван-дер-Ваальса.

Типы межзонных и внутрizonных энергетических переходов электронов в атоме с испусканием и поглощением квантов света.

Термо- и фотоэлектронная эмиссия. Электрoвакуумные лампы. Вакуумные фотоэлектронные умножители.

Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках; длина свободного пробега. Электронно-дырочные переходы.

Виды обратимого и необратимого пробоя р-п переходов; вольтамперная характеристика р-п перехода при пробое. Гетеропереходы, их структура и основные энергетические диаграммы.

Микроэлектронные технологии - полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии.

Особенности исполнения чертежа печатной платы и сборочных чертежей ячеек электронных средств. Преимущества комбинированного позитивного метода изготовления печатных плат.

Основные способы охлаждения электронных средств. Элементы локального охлаждения оптоэлектронных средств; тепловые трубки.

Типовые схемы охлаждения матриц лазерных диодов.

Общие системы охлаждения электронных средств. Особенности проектирования естественной и принудительной вентиляции электронных средств.

Схемы компоновки стоек управления электронных средств.

Внешние воздействия на электронные средства: вибрации, удары, ионизирующие излучения; их характеристики и влияние на элементы конструкции и компоненты.

Радиационная стойкость и радиационная устойчивость электронных средств.

**Рекомендуемые темы курсовой работы**

Разработка конструкции бескорпусной ячейки печатного монтажа цифрового и аналогового функционального узла первого конструктивного уровня входимости стационарных и мобильных малогабаритных электронных средств в соответствии со схемой электрической

принципиальной радиоприемника, радиопередатчика, усилителя, сумматора, фильтра, преобразователя (ЦАП, АЦП), генератора, инвертора, формирователя, повторителя, компаратора и других функционально обособленных электронных устройств.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Головицына М.В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий : учебное пособие / Головицына М.В. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 503 с. — ISBN 978-5-4497-0690-4.	2020	<a href="https://www.iprbookshop.ru/97578.html">https://www.iprbookshop.ru/97578.html</a> <a href="http://www.iprbookshop.ru/22439">http://www.iprbookshop.ru/22439</a>
2. Шука А.А. Нанoeлектроника : учебное пособие / Шука А.А.. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 343 с. — ISBN 978-5-00101-730-1.	2020	<a href="https://www.iprbookshop.ru/99852.html">https://www.iprbookshop.ru/99852.html</a>
3. Фролов, В. А. Электронная техника: учебник: в 2 ч. [Электронный ресурс] / В. А. Фролов. — Ч. 1: Электронные приборы и устройства. — М.: УМЦ ЖДТ, 2015. — 532 с. ISBN 978-5-89035-835-6.	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890358356.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890358356.html</a>
4. Материаловедение и технологии электроники: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. И. Капустин, А. С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.	2014	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=416461">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=416461</a>
5. Шеин А.Б. Методы проектирования электронных устройств / Шеин А.Б., Лазарева Н.М.. — Москва : Инфра-Инженерия, 2013. — 456 с. — ISBN 978-5-9729-0041-1.	2013	<a href="https://www.iprbookshop.ru/13540.html">https://www.iprbookshop.ru/13540.html</a>
6. Муромцев, Д. Ю. Конструирование узлов и устройств электронных средств : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов. - Ростов н/Д : Феникс, 2013. - 540 с. (Высшее образование) - ISBN 978-5-222-20994-3.	2013	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222209943.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222209943.html</a>
Дополнительная литература		
1. Лобач, В. Т. Основы проектирования цифровых устройств радиоэлектронных систем : учебное пособие / В. Т. Лобач, М. В. Потилак. - Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2020. - 140 с. - ISBN 978-5-9275-3656-6.	2020	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/YUFU-2021080527.html">https://www.studentlibrary.ru/book/YUFU-2021080527.html</a>
2. Малюков, С. П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие / С. П. Малюков, А. В. Саенко, А. В. Палий. - Ростов н/Д : ЮФУ, 2019. - 92 с. - ISBN 978-5-9275-3380-0.	2019	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927533800.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927533800.html</a>
3. Скарпино, М. Разработка печатных плат в EAGLE / Скарпино М., пер. с англ. А. Э. Бряндинского. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 370 с. - ISBN 978-5-97060-479-3.	2018	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970604793.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970604793.html</a>
4. Лопаткин, А. Проектирование печатных плат в системе Altium Designer : учеб. пособие для практических занятий / Лопаткин А. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ДМК Пресс, 2017. - 554 с. - ISBN 978-5-97060-509-7.	2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970605097.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970605097.html</a>
5. Камышная, Э. Н. Конструкторско-технологические расчеты электронной аппаратуры : учеб. пособие/ Э. Н. Камышная, В. В. Маркелов, В. А. Соловьев - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 165 с. - ISBN 978-5-7038-3943-0.	2014	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703839430.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703839430.html</a>

6. Певницкий, С. Ю. Разработка печатных плат в NI Ultiboard / Певницкий С. Ю. - Москва : ДМК Пресс, 2012. - 256 с. - ISBN 978-5-94074-789-5.	2012	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940747895.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940747895.html</a>
7. Юзова, В. А. Основы проектирования электронных средств. Конструирование электронных модулей первого структурного уровня [Электронный ресурс] / В. А. Юзова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 208 с.	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222209943.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222209943.html</a>

### 6.2. Периодические издания

1. Проектирование и технология электронных средств. ISSN 2071-9809.
2. Квантовая электроника. ISSN 0368-7147.
3. Динамика сложных систем – XXI век. ISSN 1999-7493.
4. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. ISSN 2221-2574.

### 6.3. Интернет-ресурсы

1. AltiumDesigner, SolidWorks, MultiSim – комплексная система автоматизированного проектирования электронных средств;
2. КОМПАС-3D – семейство систем автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС.
3. <http://www.studentlibrary.ru/book/>, <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=>, <http://www.iprbookshop.ru/> - электронные библиотечные системы.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации дисциплины «Проектирование электронных средств в наноэлектронике» имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические/лабораторные занятия проводятся в лабораториях физики и компьютерных классах прикладной математики Института прикладной математики, физики и информатики ВлГУ (100-3, 104-3, 106-3, 107-3, 1226-3, 5116-3 или в аналогичных аудиториях в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- 1) GPSS World Student Version (свободно распространяемое);
- 2) MS Word;
- 3) MS PowerPoint;
- 4) MS Visual Studio.

Рабочую программу составил Давыдов Н.Н., профессор кафедры ФиПМ  
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех» А.В. Осипов  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол №1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01  
Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии С.М. Аракелян  
(ФИО, должность, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_ / 20 \_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от \_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_ / 20 \_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от \_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_