

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра радиоэлектроники и защиты информации**

Авторы-составители: **Луногов Игорь Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ НОВЫХ ПРИБОРОВ И АППАРАТУРНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ  
МЕТОДОВ**

Код УМК 86391

Утверждено  
Протокол №4  
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Разработка и создание новых приборов и аппаратурных комплексов с использованием современных компьютерных методов

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в Блок « Блок1.А.00 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.06.01** Физика и астрономия  
направленность Физика конденсированного состояния

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Разработка и создание новых приборов и аппаратурных комплексов с использованием современных компьютерных методов** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.06.01** Физика и астрономия (направленность : Физика конденсированного состояния)

**ПК.1.3** Владеет фундаментальными знаниями в области экспериментальной физики в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.06.01 Физика и астрономия (направленность: Физика конденсированного состояния)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (7 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Современные технологии в области электроники, микро- и нанoeлектроники**

Основные понятия. Особенности материалов и их технологии получения. Нанотехнология. Определения нанонауки и нанотехнологии. Квантоворазмерные эффекты. Нанодиагностика. Наноинженерия. Наноразмерные продукты, нанопродукты. Промежуточные полуфабрикаты (продукты) нанотехнологий. Нанослой, нанонить, наночастица, нанокompозит, кристалл из наночастиц. Размерность нанообъекта. Нанохимия, определения и термины. История развития нанотехнологий и нанообъектов. Технологии получения нанообъектов. Наноразмерные элементы, нанообъекты – двумерные, одномерные, нульмерные нанообъекты, методы их получения, области применения. Примеры наноразмерных объектов, применяемых в качестве наноматериалов. Наноструктуры. Современные тенденции развития нанотехнологий, нанообъектов и наноструктур. Свойства и области применения нанопродуктов. Конструкционные наноматериалы. Наноматериал графен-пленка толщиной в атом. Методы получения фуллеренов и нанотрубок. Нанотрубки для топливных элементов. Конденсированные и композитные материалы на основе фуллеренов и нанотрубок. Квантоворазмерные эффекты токопереноса в наноразмерных элементах и структурах на их основе. Нанoeлектроника. Нанотехнологические процессы формирования наноструктур. Компактные нанокристаллические объекты. Функциональные наноразмерные покрытия. Нанотрубки в роли транзистора. Гетероструктуры на основе АЗВ5. Фотонные транзисторы в кремниевом исполнении. Нанодиоды и нанотранзисторы. Гетероструктура РТД. ВАХ резонансно-туннельного диода. Технологический процесс изготовления резонансно-туннельного диода. Биполярные гетеротранзисторы (НВТ). Сверхконденсаторы из углеводородных нанотрубок.

### **Программные комплексы проектирования радиоэлектронных схем**

Поколения программ схемотехнического проектирования фирмы MicroSim: SPICE 2G, PSpice, Design Center, Design LAB. Состав пакетов, установка на ЭВМ, требования к компьютеру. Вызов отдельных программ. Общие сведения о входном языке программ, описание компонентов моделируемых схем, директив управления заданием. Выходные переменные. Графический постпроцессор Probe. Программы идентификации параметров spice - моделей компонентов Parts и PSpice Model Editor. Управляющая оболочка PSpice

Расчет и настройка модели схемы по постоянному току, частотный и временной анализ, расчет дифференциальных чувствительностей и чувствительности наихудшего случая, расширенный анализ на постоянном токе, анализ уровня собственных шумов и гармоник, статистический анализ по методу Монте-Карло.

Пакеты программ проектирования печатных плат PCAD, OrCAD, ACCEL EDA. Состав пакетов, достоинства и недостатки. Установка на компьютеры. Создание посадочных мест компонентов электрических схем, упаковка в корпус, размещение корпусов на печатной плате, ручная и автоматическая трассировка соединений печатной платы. Файл стратегии трассировки. Обмен информацией о проектах и посадочных местах.

Пакеты программ сквозного проектирования Design LAB 8.x и OrCAD 9.x. Состав комплексов. Графические редакторы MicroSim Schematics и Capture CIS. Программа параметрической оптимизации MicroSim Optimizer, программа анализа целостности сигналов MicroSim Polaris, графические редакторы MicroSim PCBoards и OrCAD PCB. Программа авто размещения и трассировки SPECCTRA.

### **Модели, используемые при разработке современной радиоэлектронной аппаратуры**

Модели полупроводникового диода, биполярного, полевого с управляющим каналом и МОП транзисторов, операционного усилителя, кварцевого резонатора, магнитного сердечника.

Экспресс метод определения основных параметров моделей полупроводниковых компонентов. Определение параметров pspice-моделей по справочным или (и) экспериментальным данным с помощью программ Parts, PSpice Model Editor, MicroCAP Model.

Организация данных о параметрах spice-моделей полупроводниковых приборов, Структура файлов .lib и .mod. Электронные справочники полупроводниковых приборов: структура, основные модули, режимы работы. Наполнение справочников, создание командных файлов для построения необходимых характеристик. Взаимодействие с другими программами.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Матюшкин И. В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур: Учебное пособие / Матюшкин И. В. - Москва: Техносфера, 2011, ISBN 978-5-94836-286-1. - 168.  
<http://www.iprbookshop.ru/13280>

2. Вычислительные наноструктуры. В 2 частях. Ч.2. Программно-аппаратные платформы : учебное пособие / Г. М. Алакоз, А. В. Котов, М. В. Курак [и др.] ; под редакцией Г. М. Алакоза. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 399 с. — ISBN 978-5-4497-0655-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/97542.html>

### Дополнительная:

1. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров / В. П. Дьяконов. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2017. — 577 с. — ISBN 5-98003-206-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].  
<http://www.iprbookshop.ru/90381.html>

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.orcad.com/products/orcad-pspice-designer/overview> OrCAD PSpice Дизайнер

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Разработка и создание новых приборов и аппаратурных комплексов с использованием современных компьютерных методов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 1) презентационные материалы (слайды по темам лекционных занятий);
  - 2) доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
  - 3) доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - 4) интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта);
- Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

1. Проигрыватели виртуальных машин VirtualBox и VMWare Player (VMware Workstation).. Пакеты офисных программ (тестовые 2. процессоры, табличные редакторы, программы для создания презентаций и др.).
3. MATLAB+Simulink
4. Операционная система ALT Linux;
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных занятий:

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий – Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте Компьютерного класса.

Аудитории для проведения текущего контроля;

Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Аудитории для групповых (индивидуальных) консультаций;

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Аудитория для самостоятельной работы:

Аудитория оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Разработка и создание новых приборов и аппаратурных комплексов с использованием  
современных компьютерных методов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.3</b> Владеет фундаментальными знаниями в области экспериментальной физики в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современную элементную базу;</li> <li>- физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;</li> <li>- особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификацию;</li> <li>- физические основы технологии производства изделий нанoeлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать состояние научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных источников и технического задания; определение цели и постановка задач проектирования и моделирования;</li> <li>- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники;</li> <li>- обеспечивать технологическую и</li> </ul>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Отсутствие знаний Не знает основ дисциплины, необходимых при формировании компетенции Отсутствие умений Отсутствие навыков</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания физических свойств систем с пониженной размерностью, методов их создания, знает основные понятия и терминологию. Частично сформированное умение осуществлять мыслительную деятельность, анализировать состояние научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных источников и технического задания, выделять главное и определять второстепенное, ставить цели и выбирать пути их достижения в процессе профессиональной деятельности. Имеет представление о новых технологиях, в области нанoeлектроники, сведениями о технологии изготовления материалов и элементов нанoeлектроники. Фрагментарное применение навыков программной реализации вычислительных алгоритмов решения математических задач с помощью компьютерных средств, интерпретации полученных результатов и оценки точности полученного численно решения.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания физических свойств систем с пониженной размерностью, методов их создания, основ аналитической</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах нанoeлектроники.</p> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- владеть новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области нанoeлектроники;</li> <li>- владеть методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники;</li> <li>- владеть сведениями о технологии изготовления материалов и элементов нанoeлектроники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы, сквозного проектирования радиоэлектронных устройств с использованием современных систем автоматизированного проектирования, моделирования и оптимизации элементов радиоэлектронных устройств в системах автоматизированного проектирования.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>деятельности, алгоритмов постановки и достижения цели, терминологию и основные понятия, используемые в теории и практике численных методов.</p> <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения осуществлять мыслительную деятельность, выделять главное и определять второстепенное, ставить цели и выбирать пути их достижения в процессе профессиональной деятельности. В общих чертах умеет анализировать состояние научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных источников и технического задания. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков в области нанoeлектроники, технологии изготовления материалов и элементов нанoeлектроники.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания современной элементной базы, физических свойств систем с пониженной размерностью, методов их создания, физических основ технологии производства изделий нанoeлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы. Умеет анализировать состояние научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных источников и технического задания. Владеет новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области нанoeлектроники, сведениями о технологии изготовления материалов и элементов нанoeлектроники.</p>

## Оценочные средства

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Защищаемое контрольное мероприятие

**Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации :**  
время отводимое на доклад 1

### Показатели оценивания

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.	<b>Неудовлетворител</b>
Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии. При этом были допущены ошибки при ответе на теоретический вопрос и при выполнении практического задания	<b>Удовлетворительн</b>
Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. При этом дается исчерпывающий ответ на теоретический вопрос и допускаются несущественные ошибки допущенные при выполнении практического задания или возможны ошибки допущенные при ответе на теоретический вопрос и абсолютно верно выполнено практическое задание	<b>Хорошо</b>
Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.	<b>Отлично</b>

### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Резистор. Назначение и использование в цифровых устройствах. Электрические характеристики. Типы корпусов. Технология производства и используемые материалы.
2. Конденсатор. Назначение и использование в цифровых устройствах. Электрические характеристики. Типы корпусов. Технология производства и используемые материалы.
3. Диод. Назначение и использование в цифровых устройствах. Электрические характеристики. Типы корпусов. Технология производства и используемые материалы.
4. Транзистор. Назначение и использование в цифровых устройствах. Электрические характеристики. Типы корпусов. Технология производства и используемые материалы.
5. Интегральная схема. Назначение. Типы логики. Корпуса ИС. Особенности проектирования и производства с использованием QFN, QFP, PLCC и BGA корпусов.

6. САПР. Классификация, назначение. EDA-системы. Основные системы для проектирования печатных плат, их особенности.
7. Методы проектирования электронных устройств. Маршрутная карта проектирования печатного узла с использованием Cadence OrCAD.
8. Разработка спецификации на проектируемое устройство. Формирование технического задания. Стандарты на проектирование и приемку печатных узлов.
9. Схемотехническое проектирование. Методы создания компонентов в OrCAD Capture и ведения библиотеки.
10. Моделирование схемотехнических решений с использованием PSPICE. Виды моделирования. Использование глобальных переменных.
11. Топологическое проектирование. Методы создания посадочных мест и механических символов в Allegro PCB Editor. Стандарты на топологическое проектирование. Подготовка файлов для производства.
12. Базовые материалы. Классификация и виды. Физико-химические свойства и параметры. Технологии производства базовых материалов.
13. Классификация печатных плат. Используемые базовые материалы. Область и аспекты применения.
14. Многослойные печатные платы. Используемые материалы. Область и аспекты применения. Технологии производства.
15. Методы и технологии производства печатных плат. Характеристики применяемых технологий. Выбор технологий для опытного(прототипного) и серийного производства печатных плат.
16. Формирования отверстий и обработка контура печатных плат. Виды отверстий. Используемые материалы и устройства, их характеристика.
17. Металлизация сквозных отверстий. Используемые технологии. Технологические карты и используемые материалы.
18. Формирование проводящего рисунка на поверхности базового материала. Используемые технологии и их аспекты. Системы совмещения заготовок.
19. Паяльная маска. Технологии формирования слоя паяльной маски. Используемые материалы.
20. Слой маркировки. Технологии формирования. Используемые материалы.
21. Финишное покрытие. Технологии формирования финишных покрытий. Используемые материалы.
22. Паяльные пасты и флюсы. Классификация и физико-химические свойства. Методы нанесения паяльной пасты, их характеристика и особенности.
23. Дозирование паяльной пасты. Технологии и особенности процесса дозирования. Выбор инструментов дозирования. Типовые дефекты дозирования.
24. Трафаретная печать паяльной пасты. Технологии и особенности процесса трафаретной печати. Используемое оборудование и параметры нанесения. Типовые дефекты трафаретной печати. Трафареты, их классификация, материалы и технология производства.
25. Установка поверхностно-монтажных компонентов. Технологии и применяемое оборудование и особенности его применения. Типовые дефекты расстановки компонентов.
26. Виды групповой пайки компонентов и их особенности. Технологические карты и используемые материалы и оборудование. Типовые дефекты групповой пайки.

27. Локальная пайка. Используемые материалы и оборудование. Понятия смачиваемости, теплоемкости и теплопроводности. Типовые дефекты.
28. Отмывка печатных узлов. Технологии и приемное оборудование. Технологическая карта отмывки. Отмывочные жидкости и их классификация.
29. Контроль сборки печатных узлов. Критерии приемки печатных узлов. Виды контроля и тестирования.
30. Влагозащита и герметизация печатных узлов. Технологии формирования и их аспекты. Типовые дефекты.