ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Высшая школа электроники и компьютерных наук

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Голлай А. В.
Пользователь: gollaiav
Дата подписания: 18.10.2021

А. В. Голлай

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.17 Физические основы наноэлектроники
для направления 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Конструирование и производство радиоаппаратуры

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 928

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Войтович Н. И.
Пользователь: voitovichni
Дата подписания: 16.10.2021

Н. И. Войтович

Разработчик программы,
доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Бухарин В. А.
Пользователь: bukharinva
Дата подписания: 13.10.2021

В. А. Бухарин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления
к.техн.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Кудрин Л. П.
Пользователь: kudrinlp
Дата подписания: 18.10.2021

Л. П. Кудрин

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование и развитие фундаментальных физических знаний и навыков в современных и перспективных областях электроники. Основными задачами дисциплины являются следующие: • изучение основных физических процессов и явлений в полупроводниках и полупроводниковых устройствах (элементах микро- и наноэлектроники); • овладение математическим аппаратом, методами физического исследования, техническими и программными средствами; • приобретение навыков анализа физических и технических параметров полупроводниковых материалов, наноструктурных элементов и наноэлектронных приборов; • изучение физических процессов, с которыми связаны перспективы развития электроники.

Краткое содержание дисциплины

Наночастицы. Нанообъекты. Фундаментальные явления в низкоразмерных структурах. Квантовые основы наноэлектроники. Квантовый размерный эффект. Принцип квантования и квантовое ограничение. Туннельный эффект. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний электрона. Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов. Рентгеновская микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ, СЭМ, SEM). Просвечивающая электронная микроскопия. Ионные микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля. Методы получения наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии. Механизм Франка-Ван дер Мерве. Механизм Фольмера-Вебера. Механизм Странского-Крастанова. Нанолитография. Оптическая литография (фотолитография). Электроннолучевая литография. Рентгенолитография. Ионолитография. Импринт-литография.Зондовые нанотехнологии. Общие принципы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующий туннельный микроскоп. Нанотехнологии на основе СТМ. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Нанолитография на основе АСМ. Углеродные наноструктуры. Методы получения и наблюдения углеродных нанотрубок. Структура углеродных нанотрубок. Зонная структура углеродных нанотрубок. Физические свойства углеродных нанотрубок. Сверхрешётки. Модель Кронига-Пенни. Полупроводниковые композиционные сверхрешётки. Электронные приборы наноэлектроники. Структура и принцип работы одноэлектронного транзистора. Структура и принцип работы КНИ-транзисторов. Отличительные особенности. Структура и принцип работы HEMT-транзисторов. Основные параметры. Структура и принцип работы транзистора на квантовых точках. Структура и принцип работы резонансно-туннельного диода. Структура и принцип работы резонансно-туннельного транзистора. Одноэлектронный механический транзистор. Структура и принцип работы. Транзистор и переключатель на углеродных нанотрубках.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития микро- и наноэлектроники Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о микро- и наноэлектронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями микро- и наноэлектронных устройств
ПК-11 Способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает: естественнонаучную сущность физических проблем, возникающих при анализе полупроводниковых микро- и наноэлектронных приборов. Умеет: привлекать для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для микро- и наноэлектронных приборов. Имеет практический опыт: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в микро- и наноэлектронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат и информационные технологии

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.15 Основы компьютерного моделирования, 1.О.04.02 Математический анализ, 1.О.15 Химия, 1.О.09 Основы теории цепей и электротехника	1.Ф.16 Физико-химические основы технологии РЭС, 1.Ф.04 Техническая электродинамика

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.15 Химия	Знает: "содержание основных разделов, составляющих теоретические основы химии как системы знаний о веществах и химическихпроцессах" Умеет: "выполнять эксперименты и обобщатьнаблюдаемые факты с использованиемхимических законов, предвидеть физические и химические свойства веществ на основе знания о строении вещества, природе химической связи, пользоваться химической

	литературой и справочниками" Имеет практический опыт: "Владеет элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом, общими правилами техники безопасности при обращении с химическойпосудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами"
1.О.04.02 Математический анализ	Знает: основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основные методы решения стандартных задач, использующих аппарат математического анализа, основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основные методы решения стандартных задач, использующих аппарат математического анализа Умеет: использовать методы математического анализа для решения стандартных профессиональных задач; применять математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений в профессиональных дисциплинах, использовать методы математического анализа для решения стандартных профессиональных задач; применять математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений в профессиональных дисциплинах Имеет практический опыт: решения прикладных задач с использованием методов математического анализа; применения дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных в дисциплинах естественнонаучного содержания, решения прикладных задач с использованием методов математического анализа; применения дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных в дисциплинах естественнонаучного содержания
1.О.09 Основы теории цепей и электротехника	Знает: "Основные режимы работы электрическихцепей.", законы теории цепей и электротехники, "Основные элементы электрических цепейи их параметры. Топологию электрическихцепей. Основные методы анализа электрических цепей.", "основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования; принципы философии, относящиеся к самоконтролю, саморазвитию и самообразованию человека." Умеет: выполнять чертежи при помощи пакетов графических программ; строить трехмерные модели объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать визуализированные презентации спроектированных объектов и изделий при помощи пакетов графических программ;

	создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ, проводить экспериментальные исследования по теории цепей и электротехники, "Объяснять физическое назначениеэлементов и влияние их параметров нафункциональные свойства и переходныепроцессы электрических цепей.", планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения; планировать этапы работы на основе цели и задач исследования Имеет практический опыт: : работы в пакетах графических программ; приемами компьютерного дизайна; техникой работы с цветом и использования всей палитры цветов, обработки и представления данных, полученных в результате экспериментальных исследований по теории цепей и электротехники, Владением практическими методами измерения параметров и характеристик электрических цепей, "Имеет практический опыт: управления собственным временем;определения направления саморазвития и самообразования; составления плана работы и его реализации."
1.Ф.15 Основы компьютерного моделирования	Знает: основные понятия и команды пакетов графических программ (ПГП), позволяющие строить двух- и трехмерные изображения (в виде чертежей или рисунков) объектов и изделий;, основные способы работы с графическими изображениями; способы хранения и передачи информации; методику адаптации пакетов графических программ для конкретных областей применения; Умеет: выполнять чертежи при помощи пакетов графических программ; строить трехмерные модели объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ, строить трехмерные модели объектов; создавать визуализированные презентации спроектированных объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ Имеет практический опыт: выполнения двумерных чертежей; построения трехмерных объектов; работы в пакетах графических программ; приемами компьютерного дизайна; , компьютерного моделирования и визуализации; работы с цветом и использования всей палитры цветов; составления макросов и программ для адаптации графических пакетов.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		4
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	53,75	53,75
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к практическим занятиям	37	37
Подготовка к зачёту	16,75	16.75
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Фундаментальные явления в низкоразмерных структурах.	14	6	8	0
2	Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем.	4	4	0	0
3	Методы получения наноструктур.	8	8	0	0
4	Углеродные наноструктуры.	6	4	2	0
5	Сверхрешётки.	4	2	2	0
6	Электронные приборы наноэлектроники.	12	8	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Терминология дисциплины, основные понятия и определения, система единиц физических величин СИ. Наноэлектроника. Предпосылки перехода от микро- к наноэлектронике. Нанотехнология.	2
2	1	Наночастицы. Нанообъекты. Объёмные (трёхмерные). Двумерные (квантовая яма, плёнка). Одномерные (квантовый шнур, проволока). Нуль-мерные (квантовая точка). Фундаментальные явления в низкоразмерных структурах. Квантовые основы наноэлектроники. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Стационарные состояния час-тицы в потенциальной яме. Квантовый размерный эффект для электронов в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Принцип квантования и квантовое ограничение.	2

3	1	Туннельный эффект. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прохождения. Туннельный микроскоп. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний свободного электрона. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний квантовой пленки. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний квантовой нити. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний квантовой точки.	2
4	2	Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем. Пространственное разрешение: понятие, критерии. Дифракционный предел разрешающей способности. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов. Ограничения использования оптической микроскопии. Рентгеновская микроскопия. Взаимодействие электронов с веществом. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ, СЭМ, SEM). Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ, TEM). Ограничение разрешения электронной оптикой. Ограничения разрешения из-за радиационных дефектов. Просвечивающие микроскопы с коррекцией сферических аберраций.	2
5	2	Ионные микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Сканирующий атомно-силовой микроскоп (АСМ). Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля (СОМБП, SNOM). Использование сканирующего оптического микроскопа ближнего поля для сверхплотной оптической записи.	2
6	3	Методы получения наноструктур. Два подхода к изготовлению структур в нанотехнологиях «сверху вниз» и «снизу-вверх». Эпитаксиальные методы получения наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Основные достоинства технологии МЛЭ.	2
7	3	Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии. Механизм Франка-Ван дер Мерве. Механизм Фольмера-Вебера. Механизм Странского-Крастанова. Перспективы использования массивов квантовых точек в приборных структурах.	2
8	3	Нанолитография. Оптическая литография (фотолитография). Электроннолучевая литография. Рентгенолитография. Ионолитография. Импринт-литография.	2
9	3	Зондовые нанотехнологии. Общие принципы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующий туннельный микроскоп. Нанотехнологии на основе СТМ. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Нанолитография на основе АСМ.	2
10	4	Углеродные наноструктуры. Методы получения углеродных нанотрубок. Методы наблюдения углеродных нанотрубок. Структура углеродных нанотрубок.	2
11	4	Зонная структура углеродных нанотрубок. Физические свойства углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки в нанотехнологии.	2
12	5	Сверхрешётки. Модель Кронига-Пенни. Полупроводниковые композиционные сверхрешётки.	2
13	6	Электронные приборы наноэлектроники. Структура и принцип работы одноэлектронного транзистора.	2
14	6	Структура и принцип работы КНИ-транзисторов. Отличительные особенности.	2
15	6	Структура и принцип работы HEMT-транзисторов. Основные параметры. Структура и принцип работы транзистора на квантовых точках.	2
16	6	Структура и принцип работы резонансно-туннельного диода. Структура и принцип работы резонансно-туннельного транзистора. Одноэлектронный механический транзистор. Структура и принцип работы. Транзистор и переключатель на углеродных нанотрубках.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Теория атома водорода по Бору. Размеры атомов и наноразмерных структур.	2
2	1	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Стационарные состояния частицы в потенциальной яме. Квантовый размерный эффект для электронов в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Принцип квантования и квантовое ограничение.	2
3	1	Туннельный эффект. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прохождения.	2
4	1	Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в основных наноразмерных структурах.	2
5	4	Углеродные наноструктуры. Физические свойства углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки в наноэлектронике.	2
6	5	Модель Кронига-Пенни. Сверхрешётки контровариантные и ковариантные.	2
7	6	Структура и принцип работы HEMT-транзисторов. Основные параметры. Структура и принцип работы транзистора на квантовых точках.	2
8	6	Структура и принцип работы резонансно-туннельного диода. Структура и принцип работы резонансно-туннельного транзистора.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям	ЭУМД, основн. 1, гл. 2-4. Троян, П.Е. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 2. Часть 1, гл. 1, с.104-111; гл. 6, с.64-65, с.76-87. Часть 4, гл. 1-2. Щука, А.А. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 345 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/84102 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 3, с.451-464. Игнатов, А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2035 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 4. Часть 1-2. Часть 3, гл. 10. Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс]	4	37

	— Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5793 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 5, с.116-135, с.229-248. Епифанов, Г.И. Физика твёрдого тела. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2023 — Загл. с экрана.		
Подготовка к зачёту	ЭУМД, основн. 1, гл. 2-4. Троян, П.Е. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 2. Часть 1, гл. 6. Часть 2, гл. 1-2. Часть 3, гл. 1-2. Часть 4, гл. 1-2. . Щука, А.А. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 345 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/84102 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 3, гл. 10; гл. 12, с.451-484. Игнатов, А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2035 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 4. Часть 1-2. Часть 3, гл. 10. Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5793 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 5, с.116-135, с.229-248. Епифанов, Г.И. Физика твёрдого тела. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2023 — Загл. с экрана.	4	16,75

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва

			мероприятия				-ется в ПА
1	4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа 1	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графической работу) – 1.	зачет
2	4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа 2	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графической работу) – 1.	зачет
3	4	Текущий	Расчетно-	1	3	Проверка РГР осуществляется по	зачет

		контроль	графическая работа 3			окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графической работу) – 1.	
4	4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа 4	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графической работу) – 1.	зачет
5	4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа 5	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний	зачет

						кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графической работу) – 1.	
6	4	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа 6	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графической работу) – 1.	зачет
7	4	Бонус	Бонусное задание	1	0,75	Студент представляет копии документов, подтверждающие победу или участие в предметных олимпиадах по темам дисциплины. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).	зачет

						Максимально возможная величина бонус-рейтинга +15%.	
8	4	Проме-жуточная аттестация	Промежуточная аттестация	1	5	Промежуточная аттестация проводится в форме ответов на вопросы, приведённые в билете. Контрольные мероприятия промежуточной аттестации проводятся во время зачёта. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). На зачёте за ответы начисляется: 5 баллов - 85-100% правильных ответов; 4 балла - 75-85% правильных ответов; 3 балла - 60-74% правильных ответов; 2 балла - 40-59% правильных ответов; 1 балл - менее 40% правильных ответов; 0 баллов - студент не явился на зачёт.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	На зачёте происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85…100%. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75…84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60…74%. Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0…59%.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ							
		1	2	3	4	5	6	7	8
УК-1	Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития микро- и наноэлектроники	+	+	+	+	+	+	+	+
УК-1	Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о микро- и наноэлектронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой	+	+	+	+	+	+	+	+
УК-1	Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями микро- и наноэлектронных устройств	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Знает: естественнонаучную сущность физических проблем,	+	+	+	+	+	+	+	+

	возникающих при анализе полупроводниковых микро- и наноэлектронных приборов.								
ПК-11	Умеет: привлекать для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для микро- и наноэлектронных приборов.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Имеет практический опыт: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в микро- и наноэлектронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат и информационные технологии	+	+	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности 210100 "Электроника и микроэлектроника" В. И. Старосельский. - М.: ЮРАЙТ : Высшее образование, 2009. - 463 с. ил.
2. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика" В. А. Гуртов. - 3-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2008. - 510, [1] с. ил.
3. Шишкин, Г. Г. Электроника [Текст] учебник для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2014. - 703 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика" В. А. Гуртов. - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 406, [1] с. ил.
2. Марголин, В. И. Физические основы микроэлектроники [Текст] учебник для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" направления "Проектирование и технология электрон. средств" В. И. Марголин, В. А. Жабрев, В. А. Тупик. - М.: Академия, 2008. - 398, [1] с. ил. 22 см.
3. Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Физика твёрдого тела, науч.-теорет. журн., Рос. акад. наук, Отделение общ. физики и астрономии, Физ.-техн. ин-т им. А. Ф Иоффе.
2. Журнал «Российские нанотехнологии». Федеральное агентство по науке и инновациям РФ, ООО «Парк-медиа».

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Троян, П.Е. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Троян, П.Е. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Троян, П.Е. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Щука, А.А. Наноэлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 345 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/84102 — Загл. с экрана.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Игнатов, А.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2035 — Загл. с экрана.
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5793 — Загл. с экрана.
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Епифанов, Г.И. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2023 — Загл. с экрана.
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ткалич, В.Л. Физические основы наноэлектроники. [Электронный ресурс] / В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2011. — 83 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/40883 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
3. AutoDesk-AutoCAD(бессрочно)
4. Autodesk-Eductional Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	1012 (3б)	Компьютер, проекционный аппарат, интернет.
Практические занятия и семинары	1017 (3б)	Лаборатория «Физические основы электроники, микро- и наноэлектроники». Компьютеры, подключенные к сети Интернет, с пакетом прикладных программ, специализированное программное обеспечение. Демонстрационные образцы элементов: Различные полупроводниковые и микроэлектронные приборы, образцы радиоматериалов и изделия из них.