


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

«СОГЛАСОВАНО»

Директор института
магистратуры и аспирантуры

 / О.А. Бодров
«22» 06 20 20 г



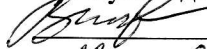
«ПРОВЕРЖДАЮ»

ОПОиМД

А.В. Корячко

«22» 06 20 20 г

Руководитель ОПОП

 / В.Г. Литвинов
«22» 06 20 20 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.08 «Электронные процессы в твердом теле»

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки

Микро- и наноэлектроника

Уровень подготовки

Магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Формы обучения – очная, очно-заочная


Рязань 2020 г

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»,

утвержденного 22.09.2017 № 959

Разработчики
профессор каф. МНЭЛ
д.ф.-м.н.



Т.А. Холомина

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МНЭЛ

« 19 » 06 2020 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой МНЭЛ

д.ф.-м.н., доцент



В.Г. Литвинов

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование базовых знаний и умений в области изучения физических процессов в материалах и приборах микро- и наноэлектроники в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, формирование у студентов способности к логическому мышлению, анализу и восприятию информации, посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачи:

- формирование фундаментальных представлений о физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, диэлектрических и полупроводниковых материалах при использовании их в приборах микро- и наноэлектроники;
- обучение физическим принципам работы ряда электронных устройств;
- формирование навыков обоснованного выбора теоретических и экспериментальных методов и средств решения сформулированных задач;
- развитие навыков решения практических заданий на основе изученного теоретического материала;
- формирование умений обработки и анализа результатов решения теоретических задач;
- развитие способности предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.О.08 «Электронные процессы в твердом теле» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули) основных профессиональных образовательных программ (далее – образовательных программ) магистратуры» «Микро- и наноэлектроника», «Промышленная электроника», «Электронные приборы и устройства» направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах, освоенных студентами по программе академического бакалавриата: Б1.О.25 «Физические основы микро- и наноэлектроники», Б1.В.03 «Физика наносистем».

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: базовые концепции и модели общей физики, квантовой физики, статистической физики, физики конденсированного состояния;

уметь: применять на практике основные приемы и программные средства решения прикладных задач и представления данных;

владеть: начальными навыками экспериментального исследования параметров и характеристик твердотельных материалов.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: Б1.В.05 «Фундаментальные основы физики наносистем и нанотехнологии», Б1.В.ДВ.01.01 «Интеллектуальные материалы и структуры в электронике» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ПООП (при наличии) по данному направлению подготовки, а также компетенций (при наличии), установленных университетом.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Научное мышление	ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД – 1 оПК-1 Знать: тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники ИД – 2 оПК-1 Уметь: использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности ИД – 3 оПК-1 Владеть: передовым отечественным и зарубежным опытом в профессиональной сфере деятельности.
Владение информационными технологиями	ОПК-3. Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ИД – 1 оПК-3 Знать: принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности ИД – 2 оПК-3 Уметь: использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности. ИД – 3 оПК-3 Владеть: методами математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных технологий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины по семестрам (курсам) и видам занятий в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость изучения дисциплины составляет 5 ЗЕ (180 часа).

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части Блока 1 учебного плана ОПОП «Микро- и наноэлектроника»,»

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	34.35
В том числе:	
Лекции	16
Практические занятия (ПЗ)	16
Консультации	2
Иная контактная работа (ИКР)	0.35
Самостоятельная работа (СР) (всего)	101
Контроль	44.65
Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	экзамен
Общая трудоемкость час	180
Зачетные Единицы Трудоемкости	5
Контактная работа (по учебным занятиям)	34.35

4.2 Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем					Контроль	СР
			всего	Лекции	ПЗ	ИКР	Консультации		
	Всего	180	34,35	16	16	0,35	2	44,65	101
1	Введение. Основные особенности электронных процессов в твердом теле	20	2	2					18
2	Электронные процессы в полупроводниковых материалах в условиях термодинамического равновесия	30	10	4	6				20
3	Кинетические явления в твердых телах	32	9	4	5				23
4	Неравновесные процессы в твердых телах	31	9	4	5				22

5	Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных материалов и устройств электронной техники	20	2	2					18
	ИКР	0,35	0,35			0,35			
	Экзамены и консультации	46,65	2				2	44,65	

4.3 Содержание дисциплины

4.3.1 Лекционные занятия

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Введение. Основные особенности электронных процессов в твердом теле	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
2	Обобщенная функция распределения. Расчет концентрации свободных носителей заряда в невырожденном полупроводнике. Условие электронейтральности. Закон действующих масс.	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
3	Зависимость концентрации свободных носителей заряда и положения уровня Ферми в полупроводниках от температуры. Критерии принадлежности участкам примесной проводимости, истощения примеси и собственной проводимости	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
4	Кинетические явления в твердых телах. Кинетическое уравнение Больцмана. Электропроводность проводников и полупроводников. Подвижность носителей заряда	1	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
5	Тепловые колебания кристаллической решетки. Статистика фононов. Теплоемкость твердых тел. Модели Эйнштейна и Дебая – Борна зависимости молярной теплоемкости кристалла от температуры. Ангармонизм колебаний. Теплопроводность электронная и решеточная Термоэлектрические явления в твердых телах, применение в электронной технике	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
6	Гальваномагнитные явления, применение в электронной технике	1	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
7	Неравновесные процессы в твердых телах. Характеристики релаксации основных и неосновных неравновесных носителей заряда	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
8	Оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
9	Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных материалов и устройств электронной техники	2	ОПК-1, ОПК-3	экзамен

4.3.2 Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Расчет вероятностей заполнения разрешенных состояний в твердом теле. концентрации носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках. Условие электронейтральности. Закон действующих масс.	4	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен
2	Расчет концентрации свободных носителей заряда и положения уровня Ферми в полупроводниках при изменении температуры в соответствии с критериями принадлежности участкам примесной проводимости, истощения примеси и собственной проводимости	2	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен
3	Электропроводность проводников и полупроводников, зависимость от температуры в соответствии с критериями принадлежности участкам примесной проводимости, истощения примеси и собственной проводимости	3	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен
4	Тепловые колебания кристаллической решетки. Теплоемкость твердых тел. Термоэлектрические явления в твердых телах. Гальваномагнитные явления	2	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен
5	Закономерности и параметры релаксации основных неравновесных носителей заряда	2	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен
6	Закономерности и параметры релаксации неосновных неравновесных носителей заряда	2	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен
7	Расчет оптических и фотоэлектрических характеристик твердых тел	1	ОПК-1, ОПК-3	Тестовые задания, экзамен

4.3.3 Самостоятельная работа

№ п/п	Тематика самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1.	Локализованные электронные состояния в кристалле. Мелкие и глубокие примесные состояния. Примесная зона. Уровни Тамма и поверхностные состояния в реальных кристаллах	10	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
2.	Понятие сильного поля. Эффект Френкеля-Пула, туннельный эффект Зинера, лавинное умножение носителей заряда	16	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
3.	Смещения атомов в струне, линейной цепочке и структуре с базисом. Колебательные моды одноатомной решетки. Волновой вектор, фазовая	17	ОПК-1, ОПК-3	экзамен

	и групповая скорости. Закон дисперсии. Температура Дебая.			
4.	Природа термо-э.д.с. Вывод и применение соотношений Н.Писаренко	16	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
5.	Кинетические явления в квантовых магнитных полях.	16	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
6.	Диффузионно-дрейфовые уравнения. Уравнение Эйнштейна.	16	ОПК-1, ОПК-3	экзамен
7.	Квазиуровни Ферми, экстракция и инжекция	10	ОПК-1, ОПК-3	экзамен

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Электронные процессы в твердом теле»»).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

1. Холомина Т.А. Электронные процессы в твердом теле. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2019.- 110 с.

2. Электронные процессы в твердом теле: учеб. пособие/ Т.А. Холомина; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. - Рязань, 2017. - 68 с. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

3. Елифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.

4. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : сборник задач / И.М. Анфимов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 70 с. — 978-5-87623-426-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56591.html>

5. Физика твердого тела. Методические указания к практическим занятиям. Сост. Холомина Т.А. Рязань: РГРТУ, 2006. – 40 с. [Электронный ресурс] : Методические указания к практическим занятиям / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

6. Разумовская И.В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки [Электронный ресурс] / И.В. Разумовская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2011. — 64 с. — 978-5-4263-0032-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9611.html>

7. Марков В.Ф. Материалы современной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2014. — 272 с. — 978-5-7996-1186-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69626.html>

6.2 Дополнительная литература

1. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков.– М.: Высшая школа, 1977. – 448 с.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – М: Высш.шк. 2005.- 496 с.

6.3 Нормативные правовые акты

6.4 Периодические издания

6.5 Методические указания к практическим занятиям/лабораторным занятиям

1. Холомина Т.А. Электронные процессы в твердом теле. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2019.- 110 с.
2. Электронные процессы в твердом теле: учеб. пособие/ Т.А. Холомина; РГРТУ. - Рязань, 2017. - 68 с. [Электронный ресурс] : — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).
3. Физика твердого тела. Методические указания к практическим занятиям. / Т.А.Холомина ; РГРТУ. - Рязань, 2006. – 40 с. [Электронный ресурс] — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).
4. Методические рекомендации по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю освоения компетенций / Т.А.Холомина [и др.]; РГРТУ. - Рязань, 2016. - 16 с.

6.6 Методические указания к курсовому проектированию (курсовой работе) и другим видам самостоятельной работы

Изучение дисциплины «Электронные процессы в твердом теле» проходит во 2 семестре 1 года обучения. Основные темы дисциплины осваиваются в ходе аудиторных занятий, однако важная роль отводится и самостоятельной работе студентов. Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует: закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий; углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины; освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний; освоению умений по исследованию характеристик и параметров материалов электронной техники.

Самостоятельная работа включает в себя следующие этапы:

- изучение теоретического материала (работа над конспектом лекции);
- самостоятельное изучение дополнительных информационных ресурсов (доработка конспекта лекции);
- выполнение тестовых заданий текущего контроля успеваемости;
- итоговая аттестация по дисциплине – текущий контроль (подготовка к экзамену).

Работа над конспектом лекции: лекции – основной источник информации по предмету, позволяющий не только изучить материал, но и получить представление о наличии других источников, сопоставить особенности практического применения получаемых знаний. Лекции предоставляют возможность «интерактивного» обучения, когда есть возможность задавать преподавателю вопросы и получать на них ответы. Поэтому рекомендуется в день, предшествующий очередной лекции, прочитать конспекты двух предшествующих лекций, обратив особое внимание на содержимое последней лекции.

Доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы, интернет-ресурсов: позволяет самостоятельно изучить особенности электронных процессов в твердом теле и применения их в микро и наноэлектронике, которые не рассмотрены во время лекций и лабораторных занятий. Кроме того, рабочая про-

грамма предполагает рассмотрение некоторых относительно несложных тем только во время самостоятельных занятий, без чтения лектором.

Подготовка к практическому занятию: состоит в теоретической подготовке (изучение конспекта лекций и дополнительной литературы), самостоятельном решении задач из методических пособий.

Подготовка к зачету, экзамену. В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра, при этом основной вид подготовки – «свертывание» большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее «развертывании» (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.). Надо также правильно распределить силы, не только готовясь к самому экзамену, но и позаботившись о допуске к нему (это добросовестное посещение занятий, выполнение в назначенный срок и активность при выполнении тестовых заданий по дисциплине). Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

7 ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сайт кафедры микро- и наноэлектроники РГРТУ: <http://www.rsreu.ru/faculties/fe/kafedri/mnel>; <https://disk.rsreu.ru>.
2. Система дистанционного обучения ФГБОУ ВО «РГРТУ», режим доступа. - <http://cdo.rsreu.ru/>
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>
4. Интернет Университет Информационных Технологий: <http://www.intuit.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.
6. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://www.e.lanbook.com>
7. Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. – URL: <http://elib.rsreu.ru/>

8 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно);
2. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки ID 700565239, бессрочно);

3. Kaspersky Endpoint Security (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2304-180222-115814-600-1595, срок действия с 25.02.2018 по 05.03.2019);
4. LibreOffice
5. Adobe acrobat reader
6. Среда инженерно-графического программирования LabView 9
7. Справочная правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для освоения дисциплины необходимы следующие материально-технические ресурсы:

- 1) аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, оборудованная маркерной (меловой) доской;
- 2) аудитория для самостоятельной работы, оснащенная индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет.

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень специализированного оборудования
1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 132 главного учебного корпуса	Специализированная мебель (40 посадочных мест) ПК Intel Celeron 1,8 ГГц – 1 шт. Проектор Sanyo PLC-XP4 Экран Аудиторная доска Возможность подключения к сети «Интернет» проводным и беспроводным способом и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ.
2	Помещение для самостоятельной работы, № 501, к 2 лабораторный корпус	Магнитно-маркерная доска; ПК Intel Celeron CPV J1800 – 25 шт; Возможность подключения к сети «Интернет» проводным и беспроводным способом и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ.
4	Аудитория для хранения и ремонта оборудования, № 343 главного учебного корпуса	2 компьютера: ПЭВМ на базе CPU E5300 Dual Core 2,6 GHz, ПЭВМ E2200 ASUS, принтер hp 1010, копир. аппарат Canon 5 мест

Программу составил:

д.ф.-м.н., профессор,
профессор каф. МНЭЛ



(Холомина Т.А.)