

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»

Декан ФЭ

/ Н.М. Верещагин

«22» 06 20 20 г

Заведующий кафедрой МНЭЛ

/ В.Г. Литвинов

«22» 06 20 20 г



«СОГЛАСОВАНО»

Проректор РОПиМД

/ А.В. Корячко

20 20 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 «Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем»

Направление подготовки

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки

Микро- и наноэлектроника

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

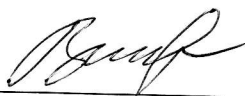
Рязань 2020 г

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»,

утвержденного 19.09.2017 № 927

Разработчики
Зав. кафедрой МНЭЛ
д.ф.-м.н., доцент



В.Г. Литвинов

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 приобретение базовых знаний и умений в области методов диагностики наноматериалов, микро- и наносистем в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и 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:

- обучение физическим основам методов диагностики и исследования структуры, химического состава, топологических параметров поверхности, электрофизических и оптических свойств материалов, микро- и наносистем;
- развитие умений применения на практике методологии научных исследований, организации и проведения научно-исследовательской работы;
- развитие навыка самостоятельной учебной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем (Б1.В.04)» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины(модули)» основных профессиональных образовательных программ (далее – образовательных программ) бакалавриата «Микро- и наноэлектроника» направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика Б1.О.02», «Статистическая физика электронных процессов Б1.О.16», «Физические основы электроники Б1.3.Б.08», «Физические основы микро- и наноэлектроники Б1.О.25».

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать: основные факты, базовые концепции и модели физики, квантовой физики, статистической физики, основные характеристики материалов, их применение в элементах электронной техники, основные виды элементов электронной техники, их параметры и характеристики;

уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных, применение которых возможно при изучении методов исследования наноматериалов, микро- и наносистем;

владеть: начальными навыками работы с программными средствами, применение которых возможно при изучении методов исследования наноматериалов, микро- и наносистем.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: Б1.В.ДВ.02.01 «Оптоэлектроника и квантовая оптика» 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.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Проектирование устройств, приборов и систем аналоговой электронной техники	ПК-2 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1 ПК-2 Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков. ПК-2.2 ПК-2 Уметь: проводить исследования характеристик электронных приборов. ПК-2.3 ПК-2 Владеть: навыками проведения исследований параметров и характеристик элементов и структур нанoeлектроники

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 3 ЗЕ (108 часов).

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 учебного плана ОПОП. Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	48,25
В том числе:	
Лекции	32
Лабораторные занятия (ЛЗ)	16
Иная контактная работа (ИКР)	0,25
Самостоятельная работа (СР) (всего)	51
Контроль	8,75
Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	зачет
Общая трудоемкость час	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3
Контактная работа (по учебным занятиям)	48,25

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	ЛЗ	ИКР		
	Всего	108	48,25	32	16	0,25	8,75	51
1	Введение	2	2	2	-			-
2	Методы измерения электрофизических параметров полупроводников	25	14	6	8			11
3	Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах	20	10	6	4			10
4	Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники	20	10	6	4			10
5	Методы измерения состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам	16	6	6	-			10
6	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры	16	6	6	-			10
	ИКР	0,25	0,25			0,25		
	Зачет и консультации	8,75					8,75	

4.3 Содержание дисциплины

4.3.1 Лекционные занятия

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Введение	2	ПК-2	зачет
2	Методы измерения электрофизических параметров полупроводников	6	ПК-2	зачет
3	Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах	6	ПК-2	зачет
4	Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники	6	ПК-2	зачет
5	Методы измерения состава твердых тел и	6	ПК-2	зачет

	концентрационных профилей по основным и примесным компонентам			
6	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры	6	ПК-2	зачет

4.3.2 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование ЛЗ	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Определение холловской подвижности и концентрации основных носителей заряда в полупроводниках	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
2	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
3	Исследование вольт-фарадных характеристик диодов Шоттки	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
4	Изучение оптического поглощения полупроводников	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
5	Исследование спектральной плотности мощности низкочастотного шума в диодах Шоттки	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
6	Определение параметров глубоких центров в полупроводниках	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
7	Получение изображения поверхности твердого тела на сканирующем зондовом микроскопе Nanoeducator в режиме атомно-силовой микроскопии	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет
8	Изучение эффекта туннелирования	2	ПК-2	Отчет по лабораторной работе, зачет

4.3.3 Самостоятельная работа

№ п/п	Тематика самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1.	Методы измерения электрофизических параметров полупроводников	11	ПК-2	зачет
2.	Методы исследования энергетического спектра электронных состояний в полупроводниковых микро- и наноструктурах	10	ПК-2	зачет
3.	Прецизионная профилометрия поверхности и измерение геометрических размеров в структурах электроники	10	ПК-2	зачет
4.	Методы измерения состава твердых тел и концентрационных профилей по основным и примесным компонентам	10	ПК-2	зачет

5.	Дифракционные методы анализа кристаллической структуры	10	ПК-2	зачет
----	--	----	------	-------

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 «Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем»).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

1. Электрические методы исследования разрывов энергетических зон в полупроводниковых микро- и нано- гетероструктурах: учебное пособие / В.Г. Литвинов, О.А. Милованова, Н.Б. Рыбин. Рязан. гос. радиотехн. ун-т.-Рязань, 2009.-52 с.

2. Методы сканирующей туннельной микроскопии: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; сост.: В.Г. Литвинов, А.П. Авачев, С.И. Мальченко, К.В. Митрофанов, В.Г. Мишустин, В.Н. Тимофеев. Рязань, 2011. 64 с.

3. Зондовые методы исследования материалов и структур электроники: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; сост.: А.П. Авачев, В.Г. Литвинов, К.В. Митрофанов, В.Г. Мишустин. Рязань, 2011. 48 с.

4. Погосов В.В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы [Электронный ресурс]/ Погосов В.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.— 328 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17195>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.Г. Ярышев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский педагогический государственный университет, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18633>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Каныгина О.Н. Физические методы исследования веществ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Каныгина О.Н., Четверикова А.Г., Бердинский В.Л.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 141 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33663>.— ЭБС «IPRbooks»

6.2 Дополнительная литература

1. Павлов Л.П., Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М.: Высшая школа. 1987. 240 с.

2. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М.: Мир. 1989. 344 с.

3. Ч. Пул, Ф. Оуэнс, Нанотехнологии (2-е изд.), М., Техносфера, 2005, 334 с.

4. В. Миронов «Основы сканирующей зондовой микроскопии», М. Техносфера, 2005, 144 с.

5. И.П. Суздаев, Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов, М., КомКнига, серия «Синергетика от прошлого к будущему», 2006, 592 с.

6.3 Нормативные правовые акты**6.4 Периодические издания****6.5 Методические указания к практическим занятиям/лабораторным занятиям**

1. Методы исследования материалов и структур электроники. Методические указания к лабораторным работам / Сост.: В.Г. Литвинов, С.И. Мальченко, Н.Б. Рыбин, А.В. Ермачихин. Рязан. гос. радиотехн. университет.- Рязань, 2012.- 40 с.

2. Квантовая Физика. Методические указания к лабораторным работам/ Сост.: В.Г. Литвинов, Н.Б. Рыбин, Н.В. Рыбина, А.В. Ермачихин. Рязан. гос. радиотехн. университет.- Рязань, 2014.- 24 с.

3. Зондовые методы исследования материалов и структур электроники. Методические указания к лабораторным работам / Сост.: А.П. Авачев, В.Г. Литвинов, К.В. Митрофанов, В.Г. Мишустин. Рязан. гос. радиотехн. университет.- Рязань, 2011.- 48 с.

4. Методические рекомендации по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю освоения компетенций; сост.: Т.А.Холомина, Е.Н.Евдокимова / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.- Рязань, 2016. 16 с.

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

Изучение дисциплины «Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем» проходит в 7 семестре. 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 заданий текущего контроля успеваемости (подготовка к лабораторным занятиям);
- итоговая аттестация по дисциплине – текущий контроль (подготовка к зачету).

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 свойств ряда материалов и применения их в электронной технике, которые не рассмотрены во время лекций и лабораторных занятий. Кроме того, рабочая программа предполагает рассмотрение некоторых относительно несложных тем только во время самостоятельных занятий, без чтения лектором.

Подготовка к лабораторному занятию: состоит в теоретической подготовке (изучение конспекта лекций и дополнительной литературы) и подготовке предварительного отчета, который должен быть завершен при ее выполнении в лаборатории.

Методические требования к оформлению отчетов о лабораторных работах:

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие элементы:

- номер, название и цель работы;
- чертеж функциональной схемы установки, выполненный карандашом по линейке либо при помощи соответствующей компьютерной программы, с соблюдением требований ЕСКД;
- основные расчетные соотношения;
- таблицы результатов экспериментов, выполненные карандашом по линейке либо при помощи соответствующей компьютерной программы;
- графики экспериментальных зависимостей, полученных при выполнении лабораторной работы;
- выводы, содержащие анализ экспериментальных зависимостей, сравнение результатов, полученных в работе, с данными справочной литературы.

Перед выполнением лабораторной работы каждому студенту необходимо иметь полностью оформленный отчет о ранее выполненной работе и отчет о выполняемой работе, содержащий все перечисленные элементы (за исключением экспериментальных данных в таблице, графиков, выводов). При несоблюдении указанных требований студент к лабораторной работе не допускается.

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 на лабораторных занятиях). 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>.
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. Лицензионный пакет MathCAD

8. 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 занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, оборудованная маркерной (меловой) доской;

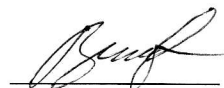
2) аудитория для самостоятельной работы, оснащенная индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет;

3) лаборатория электрофизических исследований.

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень специализированного оборудования
1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 267 главного учебного корпуса	Специализированная мебель (70 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, лабораторного практикума № 203, главный 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.
3	Учебная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, № 341 главного учебного корпуса	30 мест, доска магнитно-маркерная, экран настенный, 19 лабораторных стендов, в т.ч.3 виртуальных лабораторных стенда, вольтметры В7-21, В7-35, измерители Е4-7, Е9-4, осциллографы С1-64А, С1-75, ПЭВМ Е2200 ASUS, компьютер Celeron 2500, блоки питания ВИП-010, автотрансформатор лабораторный 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.
4	Аудитория для хранения и ремонта оборудования, № 343 главного учебного корпуса	2 компьютера: ПЭВМ на базе CPU E5300 Dual Core 2,6 GHz, ПЭВМ Е2200 ASUS, принтер hp 1010, копир. аппарат Canon 5 мест

Программу составил:
д.ф.-м.н., доцент,
зав. кафедрой МНЭЛ

 (Литвинов В.Г.)