

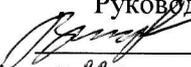
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Руководитель ОПОП  
 / В.Г. Литвинов  
«22» 06 20 20 г



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД  
/ А.В. Корячко  
«26» 06 20 20 г

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.04 «Управление свойствами наноматериалов и наноструктур»

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 нанoeлектроника»,

утвержденного 22.09.2017 № 959

Разработчики  
к.ф.-м.н., доцент каф. МНЭЛ

  
\_\_\_\_\_

Н.В. Рыбина

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МНЭЛ

« 19 » 06 2020г., протокол № 9

Заведующий кафедрой МНЭЛ

д.ф.-м.н., доцент



В.Г. Литвинов

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является формирование профессиональных знаний в области управления свойствами наноматериалов и наноструктур в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом; развитие современных представлений о методах получения, модификации и контроля свойств твердотельных структур электроники и нанoeлектроники; 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:**

- изучение способов управления свойствами наноматериалов и наноструктур;
- изучение методов контроля свойств наноматериалов и наноструктур;
- обучение навыкам аналитической работы подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников;
- обучение навыками использования новых идей и подходов к решению задач в области управления свойствами наноматериалов и наноструктур.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.04 «Управление свойствами наноматериалов и наноструктур» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули) основных профессиональных образовательных программ (далее – образовательных программ) магистратуры» «Микро- и нанoeлектроника», «Промышленная электроника», «Электронные приборы и устройства» направления 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах, освоенных студентами по программе академического бакалавриата: Б1.О.23 «Материалы электронной техники», Б1.О.25 «Физические основы микро- и нанoeлектроники», ФТД.02 «Технологические процессы нанoeлектроники», Б1.В.03 «Физика наносистем», Б1.В.04 «Методы исследования наноматериалов, микро- и наносистем», Б1.В.05 «Процессы микро- и нанотехнологии», Б1.В.ДВ.06.01 «Неупорядоченные полупроводники», а также дисциплинах, освоенных студентами по программе магистратуры: Б1.О.03 «Методы анализа наносистем», Б1.В.ДВ.01.01 «Интеллектуальные материалы и структуры в электронике».

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** базовые концепции и модели общей физики, физики конденсированного состояния; основные процессы технологии производства наноматериалов и наноструктур.

**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 прохождении студентом преддипломной практики и 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.

#### Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	ИД-1 УК-1 Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации. ИД-2 УК-1 Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации. ИД-3 УК-1 Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.

#### Рекомендуемые профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения (при наличии)

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ опыта)
Направленность (профиль), специализация: Микро- и наноэлектроника				
Тип задач профессиональной деятельности: проектно-конструкторский				
Проведение модификации свойств и измерений параметров в наноматериалах	Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-4 Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных	ИД-1 ПК-4 Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований. ИД-2 ПК-4 Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	40.104. Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

иалов и наноструктур			ИД-3 ПК-4 Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	
Обеспечение полного цикла проектирования топологической системы типа "система в корпусе"	Обеспечение полного цикла проектирования топологической системы типа "система в корпусе"	ПК-6 Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	ИД – 1 ПК-6 Знает современные технические требования к выбору конструктивно-технологического базиса изделий микро- и нанoeлектроники. ИД – 2 ПК-6 Умеет анализировать литературные и патентные источники при разработке изделий микро- Проведение модификации свойств и измерений параметров наноматериалов и наноструктур ИД – 3 ПК-6 Владеет навыками конструирования изделий микро- и нанoeлектроники	29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе

#### 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 «Микро- и нанoeлектроника».

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Вид учебной работы	Всего часов
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>32,25</b>
В том числе:	
Лекции	16
Лабораторные занятия (ЛЗ)	16
Иная контактная работа (ИКР)	0,25

<b>Самостоятельная работа (СР) (всего)</b>	67
<b>Контроль</b>	8,75
Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	зачет
Общая трудоемкость час	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3
Контактная работа (по учебным занятиям)	32,25

#### 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		
	<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>32,25</b>	16	16	0,25	<b>8,75</b>	<b>67</b>
1	Физические основы структурообразования твердого тела	12	4	2	2			8
2	Нanomатериалы, применяемые в электронике	14	4	2	2			10
3	Наноструктуры, изготовленные физическими методами	16	6	2	4			10
4	Диагностика наноматериалов и их свойства	25	8	4	4			17
5	Способы управления свойствами наноматериалов и наноструктур	32	10	6	4			22
	ИКР	<b>0,25</b>	0,25			0,25		
	Зачет и консультации	<b>8,75</b>					8,75	

#### 4.3 Содержание дисциплины

##### 4.3.1 Лекционные занятия

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Физические основы структурообразования твердого тела. Стадии зарождения твердых тел. Рост частиц фазообразующего вещества. Спонтанное упорядочение вещества. Отклик твердого вещества на внешние воздействия.	2	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен
2	Нульмерные, одномерные, двумерные наноматериалы. Наноматериалы, применяемые в электронике.	2	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен
3	Наноструктуры, изготовленные физическими методами. Углеродные нанотрубки, фуллерены, графен. Нанокристаллические, нанокomпозиционные материалы.	2	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен

4	Диагностика наноматериалов и их свойства. Физические методы исследования свойств наноматериалов и наноструктур. Методы анализа данных структуры материалов.	4	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен
5	Способы управления свойствами наноматериалов и наноструктур. Структурная модификация материалов. Введение легирующих добавок в процессе изготовления материалов. Воздействие внешних факторов на процесс изготовления материала. Влияние излучения на структуру материала.	6	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен

#### 4.3.2 Лабораторные занятия

№ п/п	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Расчет информационно-корреляционных характеристик модельных поверхностей	4	УК-1, ПК-4, ПК-6	Отчет по лабораторной работе
2	Расчет информационно-корреляционных характеристик реальных поверхностей наноматериалов и наноструктур	4	УК-1, ПК-4, ПК-6	Отчет по лабораторной работе
3	Исследования влияния технологических параметров при синтезе наноматериалов и наноструктур методом химического осаждения из газовой фазы	4	УК-1, ПК-4, ПК-6	Отчет по лабораторной работе
4	Исследования влияния технологических параметров при синтезе наноматериалов и наноструктур методом физического осаждения из газовой фазы	4	УК-1, ПК-4, ПК-6	Отчет по лабораторной работе

#### 4.3.3 Самостоятельная работа

№ п/п	Тематика самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1.	Спонтанное упорядочение вещества. Формирование диссипативных структур. Особенности эволюции нанодисперсного вещества.	8	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен
2.	Самоорганизация, самосборка наноматериалов. Конструкционные и функциональные наноматериалы. Области применения наноматериалов.	10	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен
3.	Золь-гель технология наночастиц и нанопористых материалов. Синтез наночастиц методами осаждения в жидких средах. Электрохимические методы получения наноматериалов. Матричный (темплатный) синтез наночастиц и наноматериалов. Методы получения нанопорошков.	10	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен

4.	Методы исследования наноматериалов. Сканирующая электронная микроскопия. Атомно-силовая и сканирующая туннельная микроскопия. Методы исследования химического состава.	17	УК-1, ПК-4, ПК-6	экзамен
5.	Кристаллизация аморфных сплавов. Нанопокрyтия, получаемые осаждением материала на поверхность. Способы уменьшения дефектов структуры материалов. Термическая обработка наноматериалов. Легирование наноматериалов.	22	УК-1, ПК-4, ПК-6	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 «Управление свойствами наноматериалов и наноструктур»»).

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 Основная литература**

1. Вихров С.П., Рыбина Н.В., Бодягин Н.В., Рыбин Н.Б., Алпатов А.В. Самоорганизующиеся структуры в электронике: монография. – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2017. 168 с.
2. Марголин В.И., Жабрев В.А., Лукьянов Г.Н., Тупик В.А. Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс]: Учебник – Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 464 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/4310/#4>.
3. Алпатов А.В., Вихров С.П., Рыбина Н.В., Рыбин Н.Б. Методы исследования процессов самоорганизации: учеб. пособие. – Рязан. гос. радиотехн. ун-т. – Рязань, 2015. – 56 с.

### **6.2 Дополнительная литература**

1. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 309 с.

### **6.3 Нормативные правовые акты**

### **6.4 Периодические издания**

### **6.5 Методические указания к практическим занятиям/лабораторным занятиям**

1. 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 «Управление свойствами наноматериалов и наноструктур» проходит в 3 семестре 2 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 зна-

ний по отдельным вопросам и темам дисциплины; освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний.

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

Подготовка к лабораторным занятиям: 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 при выполнении 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. Программа расчета информационно-корреляционных характеристик структуры твердотельных материалов по изображению их поверхности, 2019618124.

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 лабораторных 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, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 42 главного учебного корпуса	Специализированная мебель (10 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	Аудитория для проведения лабораторных занятий, № 111а	Специализированная мебель (10 посадочных мест) ПК – 10 шт. Возможность подключения к сети «Интернет» проводным и беспроводным способом и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ.
3	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:

к.ф.-м.н., доцент,  
доцент каф. МНЭЛ



(Рыбина Н.В.)