

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета
радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Диагностика наноматериалов и наноструктур (наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения очная Срок обучения нормативный

Кафедра полупроводниковой электроники и наноэлектроники
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: Кошелева Н.Н., к.т.н.
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ
(наименование факультета)

Протокол № _____ от «_____» _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии Москаленко А.Г.
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

_____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Диагностика наноматериалов и наноструктур

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
 (код, наименование)

Профиль: “Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике”
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 72; **Часов по РПД:** 72;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 72; **Часов по РПД:** 72;

Часов на самостоятельную работу по УП: 36;

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36;

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 2;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 0; Зачеты - 3; Зачеты с оценкой – 0;

Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 3.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции					-	-											-	-
Лабораторные					18	18											18	18
Практические					18	18											18	18
Ауд. занятия					36	36											36	36
Сам. работа					36	36											36	36
Итого					72	72											72	72

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» квалификация «Магистр». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 октября 2014 г. № 1407.

Программу составил: _____ к.т.н., Кошелева Н.Н.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 11.04.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель преподавания дисциплины состоит в изучении новых материалов, поведению их на атомарно-электронном уровне, методов синтеза наноструктур и кластеров, а также современных методов исследования наноструктурированных материалов и их применение в микро- и нанoeлектронике.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	основополагающие понятия материаловедения и нанотехнологии;
1.2.2	новые физические явления и эффекты, связанные с размерами и размерностью объектов нанотехнологии;
1.2.3	методы получения и исследования наноструктурированных материалов и систем;
1.2.4	механические, теплофизические, физико-химические, электрофизические, оптические свойства наноструктур и области их применения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.3
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Б1.В.ОД.1	Физика низкоразмерных структур в микро- и нанoeлектронике
Б1.В.ДВ.4.1	Перспективные технологические процессы для производства больших интегральных схем, микро- и наносистем
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б1.Б.5	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники
Б1.В.ОД.5	Сенсоры физических величин в микро- и нанoeлектронике

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения
ОПК-2	способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры
ПК-3	готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени
ПКВ-4	способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства микро- и нанoeлектроники, работающие на новых физических принципах

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные методы исследования наносистем (ОПК-1);
3.1.2	базовые теоретические модели, разнообразные практические приложения (ОПК-2);
3.1.3	последние достижения в области нано- и микросистем (ОПК-2);
3.2	Уметь:

3.2.1	оценивать области применения новых материалов (ПКВ-4);
3.2.2	работать на приборах, исследуя свойства наносистем (ПКВ-4);
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками разработки и применения наноструктурированных материалов и компонентов наносистемной техники для решения инженерных задач при создании новых приборов, устройств, механизмов и машин для nanoиндустрии (ПКВ-4);
3.3.2	навыками использования физико-математических и физико-химических моделей процессов и явлений, лежащих в основе синтеза и анализа наноматериалов и компонентов наносистемной техники (ПК-3).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Классификация наноматериалов	3	2		2	-	6	8
2	Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества.	3	4		2	4	6	12
3	Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	3	6,8		4	8	6	18
4	Методы и приборы для изучения структуры наночастиц и наноматериалов	3	10,12		4	6	6	16
5	Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов.	3	14		2	-	3	5
6	Методы, основанные на дифракции электронов.	3	16		2	-	3	5
7	Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц	3	18		2	-	6	8
Итого				-	18	18	36	72

4.1 Лекции не предусмотрены учебным планом

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практики	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
Классификация наноматериалов		2	
2	Понятие «наноматериалы». Неотъемлемые свойства наноматериалов. Дополнительные характеристики. Критерии нанодиапазона. Термины: «нанообъекты», «наносистемы», «нанотехника» и т.д. Классификация по размеру объекта и изделия. Классификация наноматериалов по размерности. Понятие «дисперсность». Способы описания дисперсности порошковых материалов. Методы определения дисперсности наноматериалов в различных объектах окружающей среды. Классификация наноматериалов по фазовому составу. Классификация наноматериалов по природе нанофазы. Физические формы наноматериалов. Углеродные наноматериалы. Свойства и структура углеродных наноматериалов. Свойства углеродных нанотрубок. Фуллерены, фуллериты, фуллериды. Открытие фуллеренов. Особенности строения фуллеренов. Физико-химические свойства фуллеренов в водных суспензиях. Графен. Материалы на металлической основе. Квантовые точки. Нанокристаллы металлов и их соединений. Нанопорошки металлов и оксидов металлов. Классификация нанопорошков. Наноккомпозиты. Нанопленки. Полимерные наноматериалы. Дендритные структуры.	2	
Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества		2	
4	Методы возбуждения рентгеновских спектров. Сплошной и характеристический рентгеновский спектр. Работа рентгеновской трубки. Синхротронное излучение. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество. Закон поглощения рентгеновских лучей, рентгеновская дефектоскопия, фильтрация рентгеновского излучения. Преломление рентгеновских лучей. Флюоресцентное излучение. Спектрометры рентгеновского излучения с волновой и энергетической дисперсией. Микрорентгеноспектральный анализ, схема прибора, особенности применения. Аналитические возможности метода.	2	
Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.		4	
6	Сущность методов электронной спектроскопии, Оже-электронные и рентгеновские фотоэлектронный спектры. Информационная глубина. Схема спектрометров, типы приборов. Элементарная чувствительность. Подготовка образцов. Изучение профилей распределения концентрации по глубине. Качественный и количественный Оже- и ЭС-ХА- анализ. Характеристика применений.	2	
8	Исследование состава наноматериалов методом вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Физические основы метода ВИМС и формирование сигнала. Аппаратура метода и его аналитические характеристики. Статический и ди-	2	

	намический режимы работы. Подготовка образцов. Анализ распределений концентрации по глубине. Количественный анализ ВИМС. Области применимости метода.		
Методы и приборы для изучения структуры наночастиц и наноматериалов		4	
10	Теоретические основы дифракционных методов исследования структуры материалов. Кинематическая теория рассеяния, основные положения кинематической теории рассеяния и область ее применения. Вектор и угол рассеяния. Выражения для амплитуды рассеяния волн в кинематическом приближении. Рассеяние на объектах с периодической структурой. Обратная решетка, связь между прямой и обратной решетками. Уравнение дифракции Лауэ. Формула Вульфа-Брегга. Построение Эвальда. Фактор формы и рассеяние кристаллами конечных размеров. Угловая ширина дифракционного максимума в кинематическом приближении. Рассеяние поликристаллами, аморфными телами.	2	
12	Элементы динамической теории рассеяния. Рассеяние идеальными кристаллами. Волновое поле в кристалле. Экстинкция. Двухволновое приближение. Отражение по схеме Брегга. Область полного интерференционного отражения. Интегральный коэффициент отражения в динамическом приближении. Вторичные эффекты при береговой дифракции.	2	
Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов		2	
14	Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризация рассеянного излучения. Рассеяние атомов - атомная амплитуда когерентного рассеяния рентгеновских лучей. Рассеяние кристаллом - структурная амплитуда рассеяния. Влияние температуры на интенсивность дифракционной картины. Интегральный коэффициент отражения. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины. Работа рентгеновского дифрактометра. Метод поликристалла (Дебая-Шерера). Геометрия рентгенограмм и интенсивность дифракционных максимумов на рентгенограммах поликристаллов. Расчет и индцирование рентгенограмм. Идентификация вещества по данным межплоскостных расстояний. Фазовый анализ материалов. Возможности количественного и качественного анализа. Прецизионное определение параметров кристаллической решетки и его приложения в материаловедении. Оценка точности. Рентгенографическое определение напряжений 1 рода, коэффициентов теплового расширения, исследование твердых растворов. Анализ уширения профиля рентгеновских дифракционных максимумов. Оценка размеров нанокристаллов. Влияние текстуры на дифракционную картину поликристаллов. Понятие о полюсных фигурах. Работа и устройство двухкристального рентгеновского спектрометра. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения наноразмерных пленок,	2	

	эпитаксиальных композиций, диффузионных и ионно-имплантированных слоев, анализа глубины и профиля искажений.		
	Методы, основанные на дифракции электронов.	2	
16	Электроннография. Особенности рассеяния электронов атомами вещества. Принцип работы электронографа и типы электронограмм. Подготовка образцов. Применение электроннографии. Симметрия точечных электронограмм. Расчет и индентификация электронограмм. Электронограммы поликристаллов, влияние текстуры. Трансмиссионная электронная микроскопия. Оптическая схема электронного микроскопа. Наблюдение в светлом и темном поле. Микродифракция. Разрешающая способность электронного микроскопа. Понятие о дифракционном контрасте. Колонковое приближение. Использование амплитудно-фазовых диаграмм для анализа контраста. Контраст на границах зерен, дефектах упаковки, дислокациях. Возможность определения направления и знака вектора Бюргера дислокаций, типа дислокационных петель. Исследование гетерогенных сплавов. Возможности микродифракции. Адсорбционный контраст. Метод реплик. Исследование структуры поверхности кристаллов методом дифракции медленных электронов (ДМЭ). Схема эксперимента, формирование дифракционной картины. Анализ поверхностных сверхструктур. Основные результаты и области применений.	2	
	Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц	2	
18	Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Основные принципы электронно-зондового анализа и взаимодействие электронного пучка с образцом. Схема РЭМ и особенности формирования изображения. Виды контраста в РЭМ. Разрешающая способность и качество изображения. Дополнительная обработка сигнала в РЭМ для получения информации. Подготовка образцов различных материалов для исследования с помощью РЭМ. Области применений. Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и атомно-силовой микроскопы. Принципы построения и работы приборов. Режимы работы СТМ и АСМ. Дополнительные возможности сканирующей зондовой микроскопии. Применение метода для определения шероховатости сверхгладких поверхностей. Трансмиссионная электронная микроскопия для определения геометрических параметров и размеров наночастиц. Сравнительный анализ возможностей методов микроскопии для изучения наноструктур и наночастиц. Рассеяние рентгеновских лучей под малыми углами. Исследование структуры полимеров и биологических объектов, определение размеров коллоидных частиц. Метод рентгеновской рефлектометрии для определения толщины, шероховатости поверхности, плотности и пористости наноразмерных пленок.	2	
Итого часов		18	

4.2 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества.				
2	Рентгенографическое определение вещества по данным о межплоскостных расстояниях	4		тест
Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.				
4	Электроннография	4		тест
6	Изучение работы растрового электронного микроскопа.	4		
Методы и приборы для изучения структуры наночастиц и наноматериалов				
8	Прецизионное определение параметров решетки кристалла	2		
10	Изучение работы сканирующего зондового микроскопа	4		
Итого часов		18		

4.3 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр		Зачет	36
2	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к выполнению теста	тест	4
4	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	4
6	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	2
8	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к лабораторной работе, подготовка курсовой работы	Допуск к лабораторной работе	2
10	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		2
12	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		2
14	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		4
16	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка курсовой работы		8
18	Работа с конспектом лекций, с учебником, подготовка к экзамену, защита курсовой работы	зачет	8

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Практические занятия: а) работа в команде - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий; б) проведение контрольных работ;
5.2	лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком, – защита выполненных работ;
5.3	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка реферата, отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету и экзамену; – подготовка курсовой работы
5.4	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – контрольные работы; – отчет и защита выполненных лабораторных работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения текущего контроля и аттестации. Фонд включает контрольные работы, вопросы к зачету.
6.2	Темы письменных работ
3 семестр	
6.2.1	Контрольная работа по теме «Классификация наноматериалов» Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества.
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Проверка ведения тетради

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Рембеза С.И.	Физические свойства низкоразмерных структур / С. И. Рембеза, Е. С. Рембеза, Н. Н. Кошелева. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 139 с. - 138-52; 250 экз.	2011 печат.	1
7.1.1.2	Марголин В.И.	Введение в нанотехнологию : Учебник / В. И. Марголин [и др.]. - Спб. : Лань, 2012. - 464 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1318-8 : 1685-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2012 печат.	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.3	Мошников В.А.	Золь-гель технология микро- и нанокompозитов : Учеб. пособие / В. А. Мошников, Ю. М. Таиров ; под ред. Шиловой. - Спб. : Лань, 2013. - 304 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1417-8 : 925-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника. — СПб. : "Лань", 2011.— 528 с.	2011	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.5	Лозовский В.Н.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. — СПб. : Лань, 2008.— 328 с.	2008	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
7.1.1.6	Смирнов Ю.А.	Основы nano- и функциональной электроники / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — СПб. : Лань, 2013.— 311 с.	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>

7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Харрис П.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2003. – 366 с.	2003	0,5
7.1.2.4	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Ниж. Нов. 2004. -114 с.	2004	0,5
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	1. Интернет-сайт компании "НТ-МДТ": http://www.ntmdt.ru/ 2. Интернет-сайт учебно-научного центра "Бионаноскопия": http://www.nanoscopy.org/ 3. SCANNING: http://www.scanning-fams.org/ 4. http://nano.msu.ru/education/materials/courses/IV/expmethods 5. Petr's Electron Microscopy Resource: http://www.petr.isibrno.cz/microscopy/ 6. Microscopes and Microscopy: http://www.ou.edu/research/electron/mirror/ 7. Journal of the Microscopy Society of America: http://www.msa.microscopy.com/JMSA/JMSAHomePage.html 8. Journal of Electron Microscopy: www.oup.co.uk/jmicro/scope/ 9. Microscopy and Analysis: http://www.microrgc.demon.co.uk/ 10. Microscopy and Microanalysis: http://www.msa.microscopy.com/JMSA/MscopyManalysis.html 11. Microscopy Microanalysis Microstructures http://www.edpsciences.com/docinfos/MMM/OnlineMMM.html 12. Micron: http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/4/7/5/ 13. Ultramicroscopy: http://www.elsevier.nl			
7.1.4.2	Компьютерные практические работы: Исследование вольт-амперной характеристики с использованием учебного стенда по электронике LESO3. Измерительное оборудование выполнено в виде приставки к компьютеру, на экране которого отображаются результаты измерения.			
7.1.4.3	Мультимедийные видеофрагменты: Конструкция и описание сканирующего зондового микроскопа, Углерод и его аллотропные модификации			
7.1.4.4	Мультимедийные лекционные демонстрации:			
	<ul style="list-style-type: none"> – Физические основы наноэлектроники – Углеродные нанотрубки – Зондовая микроскопия – Электронная микроскопия 			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
8.2	Дисплейный класс , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой по дисциплине
«Диагностика наноматериалов и наноструктур»**

1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
1.1. Основная литература				
1.1.1	Рембеза С.И.	Физические свойства низкоразмерных структур / С. И. Рембеза, Е. С. Рембеза, Н. Н. Кошелева. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 139 с. - 138-52; 250 экз.	2011 печат.	1,0
1.1.2	Марголин В.И.	Введение в нанотехнологию : Учебник / В. И. Марголин [и др.]. - СПб. : Лань, 2012. - 464 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1318-8 : 1685-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2012 печат.	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
1.1.3	Мошников В.А.	Золь-гель технология микро- и нанокompозитов : Учеб. пособие / В. А. Мошников, Ю. М. Таиров ; под ред. Шиловой. - СПб. : Лань, 2013. - 304 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1417-8 : 925-00. Рекомендовано УМО вузов РФ по обр. в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учеб. пособия для студентов вузов	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
1.1.4	Игнатов А.Н.	Микросхемотехника и наноэлектроника. — СПб. : "Лань", 2011.— 528 с.	2011	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
1.1.5	Лозовский В.Н.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. — СПб. : Лань, 2008.— 328 с.	2008	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
1.1.6	Смирнов Ю.А.	Основы нано- и функциональной электроники / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — СПб. : Лань, 2013.— 311 с.	2013	1,0 <i>Сайт Лань доступ</i>
1.2. Дополнительная литература				
1.2.1	Харрис П.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2003. – 366 с.	2003	0,5
1.2.4	Миронов В.Л.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Ниж. Нов. 2004. -114 с.	2004	0,5

Зав. кафедрой _____ / С.И. Рембеза /

Директор НТБ _____ / Т.И. Буковщина /

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель ученого совета ФРТЭ

_____ В.А. Небольсин

« ____ » _____ 20 г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД
«Диагностика наноматериалов и наноструктур»

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от « ____ » _____ 20 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения