

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки Нанотехнологии и микросистемная техника

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
5	5/180	36	18	18	81	Экзамен, 27ч.
Итого	5/180	36	18	18	81	Экзамен, 27ч.

Владимир, 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование представлений о процессах и явлениях, протекающих в наностистемах и материалах, выполненных на их основе, при разных видах воздействий.

Задачи дисциплины:

- изучение особенностей атомной и электронной структуры наноматериалов;
- знакомство с низкоразмерными структурами, технологиями и материалами на их основе;
- получение представлений о современных методах диагностики наноматериалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Материаловедение наноструктурированных материалов» относится к обязательным дисциплинам базовой части ОПОП подготовки бакалавров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Изучение дисциплины предполагает наличие фундаментальных знаний, которые формируются у студентов при изучении предшествующих дисциплин базовой части: «Физика», «Математика», а также дисциплин вариативной части: «Введение в нанотехнологию», «Квантовая и статистическая физика»

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	Частичное освоение	Знать: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования; Уметь: использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности; проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ; проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств; использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач. Владеть: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.
ОПК-7	Частичное освоение	Знать: прикладные программы и средства автоматизированного проектирования, используемые при решении инженерных задач. Уметь: проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов. Владеть: методиками организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины.
ПК-4	Частичное освоение	Знать: базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства наноматериалов и компонентов. Уметь: осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования. Владеть: навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Атомная и электронная структуры твердых тел.	5	1-7	14	6	6	27	13/50%	Рейтинг-контроль №1
2	Наносистемы и наноматериалы.	5	8-11	8	6	6	27	10/50%	Рейтинг-контроль №2
3	Свойства наноматериалов.	5	12-18	14	6	6	27	13/50%	Рейтинг-контроль №3
Всего за 5 семестр:		5	18	36	18	18	81	36/50%	Экзамен, 27ч.
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине		5	18	36	18	18	81	36/50%	Экзамен, 27ч.

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Атомная и электронная структуры твердых тел.

1. Атомно-кристаллическое строение твердых тел.
2. Зонная структура и статистика полупроводников.
3. Квантово-размерные эффекты в наноструктурах. Плотность состояний.
4. Полупроводниковые низкоразмерные структуры.
5. Электроны в периодических структурах. Блоховские волны.
6. Дисперсионные кривые. Зоны Бриллюэна.
7. Волновой вектор. Эффективная масса.

Раздел 2. Наносистемы и наноматериалы.

1. Квазичастицы в наноматериалах.
2. Экситоны и экситонные поляритоны.
3. Гетероструктуры и сверхрешетки.
4. Фотонные кристаллы. Квантовые микрорезонаторы.

Раздел 3. Свойства наноматериалов.

1. Рассеяние в наноструктурах. Релеевское рассеяние.
2. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Рамановское рассеяние.
3. Тепловые свойства кристаллической решетки. Модель фононного взаимодействия.
4. Сверхпроводимость кристаллических тел.
5. Магнитные свойства кристаллических материалов.
6. Нелинейные эффекты в наноматериалах.
7. Дефекты в кристаллах. Дефекты Шоттки и Френкеля.

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Элементы зонной теории. Собственная и примесная проводимость.

Тема 2. Локализация электронов в простейших наноструктурах. Размерное квантование.

Тема 3. Собственная функция одноэлектронного гамильтониана для поля с периодическим потенциалом. Осцилляции Блоха.

Тема 4. Потенциальные барьеры и ямы в наноструктурах.

Тема 5. Гетероструктуры и гетеропереходы.

Тема 6. Рассеяние в наноструктурах. Расчет параметров рассеяния.

Тема 7. Нелинейные эффекты в наноматериалах.

Тема 8. Генерация второй гармоники и условие фазового синхронизма

Тема 9. Дефекты в наноструктурированных материалах.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

1. Основы зондовой сканирующей микроскопии.
2. Растровая электронная микроскопия.
3. Спектроскопические методы анализа наноматериалов (Оже, ядерный магнитный резонанс, Мёссбауэр).
4. Рентгенодифракционные методы исследования структуры наноматериалов.
5. Работа с международными банками структурных данных.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Материаловедение наноструктурированных материалов» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Групповая дискуссия (все практические занятия);*
- *Разбор конкретных ситуаций (все лекционные и практические занятия).*

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

Текущий контроль успеваемости студентов

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1

1. Зонная теория проводимости.
2. Донорные и акцепторные полупроводники.
3. Квантово-размерные эффекты в наноструктурах.
4. Плотность состояний.
5. Низкоразмерные структуры.
6. Дисперсионные уравнения и кривые.
7. Теорема Блоха.
8. Зоны Бриллюэна.
9. Волновой вектор. Эффективная масса.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Квазичастицы в наноматериалах.
2. Экситоны, трионы и экситонные поляритоны.
3. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект и надбарьерное отражение.
4. Гетероструктуры и гетеропереходы.
5. Сверхрешетки
6. Фотонные кристаллы.
7. Микрорезонаторы.
8. Зондовая сканирующая микроскопия.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Рассеяние в наноматериалах.
2. Тепловые свойства наноструктур. Фононная модель.
3. Сверхпроводимость. Бозе-конденсат.
4. Нелинейные эффекты в наноструктурированных материалах.
5. Генерация второй гармоники и условие фазового синхронизма.
6. Магнитные эффекты в наноматериалах.
7. Дефекты в наноструктурированных материалах.
8. Спектральные методы исследования.
9. Рентгенодифракционные методы исследования.

Экзаменационные вопросы

1. Зонная теория проводимости. Собственные и примесные полупроводники.
2. Размерные эффекты в наноструктурах. Плотность состояний. Низкоразмерные структуры.
3. Электрон в поле с периодическим потенциалом. Теорема Блоха.
4. Дисперсионные кривые. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса.
5. Квазичастицы в наноматериалах.
6. Экситонные поляритоны и технологии на их основе.
7. Гетероструктуры с квантовыми ямами и сверхрешетки.
8. Фотонные кристаллы.
9. Релеевское рассеяние. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
10. Рамановское рассеяние. Рассеяние Ми.
11. Фононная модель тепловых колебаний.
12. Сверхпроводимость материалов. Бозе-конденсация.
13. Магнитные свойства наноматериалов.
14. Нелинейные эффекты в наноматериалах.
15. Дефекты в наноструктурированных материалах.
16. Зондовая сканирующая микроскопия.
17. Растровая электронная микроскопия для диагностики наноматериалов.
18. Спектроскопические методы анализа наноматериалов.
19. Рентгенодифракционные методы исследования структуры наноматериалов.

Вопросы для контроля самостоятельной работы:

1. Особенности физических взаимодействий на наномасштабах.
2. Описание движения наночастиц. Уравнение Шредингера.
3. Гамильтониан. Собственные функции и собственные значения.
4. Туннельный эффект и надбарьерное отражение.
5. Квантовые микрорезонаторы.
6. Модель Дебая. Фононная теплоемкость в модели Дебая.
7. Масс-спектрографический метод исследования наноматериалов.
8. Диффузия в кристаллических телах.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Аракелян С.М., Введение в фемтонофотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие / С.М. Аракелян, А.О. Кучерик, В.Г. Прокошев, В.Г. Рау, А.Г. Сергеев; под общ. ред. С.М. Аракеяна - М. : Логос, 2017. - 744 с.	2017		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785987048122.html
2. Донских, С. А. Основы современного материаловедения : тесты / С. А. Донских, В. Н.	2018		http://www.iprbookshop.ru/71573.html

Семина, С. С. Белоконова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 85 с.			
Дополнительная литература			
1. Величко А.А., Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур : учеб. пособие / Величко А.А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - 227 с.	2014		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225343.html
2. Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с.	2013		http://www.iprbookshop.ru/45104.html
3. Величко, А. А. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Часть II : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 227 с.	2014		http://www.iprbookshop.ru/45105.html

7.2. Интернет-ресурсы

1. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов «МИНКРИСТ»// Режим доступа: <http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/>

2. Кембриджский банк структурных данных// Режим доступа: http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client_log_in.php?first_attempt=1

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.* Практические/лабораторные работы проводятся в 106-3, 107-3, 105-3.

Перечень используемого оборудования:

- 1) Порошковый дифрактометр D8 ADVANCE.
- 2) Анализатор азота и кислорода в металлах и сплавах МЕТАВАК-АК
- 3) Зондовая станция Интегра-SpectraUprightmax.
- 4) Рентгеновский дифрактометр SAXESS.
- 5) Сканирующая зондовая лаборатория NtegraAura.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: MS Word, MS Excel, Matlab.

Рабочую программу составил Осипов А.В.
(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя) Ген. директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В.
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 02.09.2019 года
Заведующий кафедрой Аракелян С.М.
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 1 от 02.09.2019 года
Председатель комиссии Аракелян С.М.
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
в рабочую программу дисциплины
Материаловедение наноструктурированных материалов
образовательной программы направления подготовки
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1	В Раздел 3 «Планируемые результаты обучения по дисциплине»: добавили: – ПК-2 Способен проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	Профессор каф. ФиГМ Кучерик А.О.	№1 от 31.08.2020г.

Зав. кафедрой _____ / Аракелян С.М.

Подпись

ФИО