

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

« 31 » 08 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Лазерные микро- и нанотехнологии»

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль/программа подготовки: «Инженерно-физические технологии в
наноиндустрии»

Уровень высшего образования: магистратура

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)
3	5/180	18	-	36	126	зачет с оценкой
Итого	5/180	18	-	36	126	зачет с оценкой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины - ознакомить студентов с понятиями размерных эффектов и свойствами нанобъектов, методов их получения, приобретение навыков работы с лазерными установками и общее расширение компетенции студентов в области нанотехнологий и взаимодействия лазерного излучения с веществом.

Задачи:

–ознакомление с принципами лазерного упорядочивания наноструктур «сверху-вниз» и «снизу-вверх», опираясь на различия в лазерных и аналоговых методах;

–формирование понятий о размерных эффектах, характерных особенностях и свойств наноматериалов;

–получение представлений о физико-химических процессах формирования наноструктурированных материалов;

–ознакомление с методами получения наночастиц и упорядоченных наноструктур; сравнительная оценка лазерных и других методов.

–приобретение навыков работы в научном коллективе: от постановки задачи до реализации лазерного эксперимента.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Лазерные микро- и нанотехнологии» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП. Курс "Лазерные микро- и нанотехнологии" читается в 3 семестре.

Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов профессиональных навыков в области, микроэлектроники и микромеханики, методов диагностики микро- и наноматериалов, которые могут быть получены в рамках дисциплин: «Методы математического и компьютерного моделирования в нанотехнологиях», «Зондовая микроскопия», «Математические методы теории надёжности».

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
ПК-1	частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники;– мировые достижения в области разработки микро- и наноразмерных электромеханических систем <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– рассчитывать режимы работы изделий нанотехнологии и микросистемной техники;– формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none">– навыками выбора теоретических и экспериментальных методов

		исследований.
ПК-2	<i>частичное освоение</i>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники; – методы контроля базовых технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать результаты исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками разработки методик проведения исследований и измерений.

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	Практ.	Лабор.	СРС		
1	Связь размеров объектов и их свойств	3	1-6	6	-	-	42	3/50%	Рейтинг-контроль №1
2	Физикохимия получения наноматериалов	3	7-12	6	-	-	43	3/50%	Рейтинг-контроль №2
3	Методы получения наночастиц и упорядоченных наноструктур	3	13-16	6	-	-	20	3/50%	Рейтинг-контроль №3
4	Постановка лазерного эксперимента по получению наноматериалов	3	17-18	-	-	36	21	18/50%	-
Наличие в дисциплине КП/КР		-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине		3	18	18	-	36	126	27/50%	Зачет с оценкой

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Связь размеров объектов и их свойств:

Тема 1. «Классификация нанобъектов и их характерные особенности: кристаллическая, геометрическая, электронная структуры».

Тема 2. «Размерные зависимости физико-химических свойств материалов в классическом и квантовом приближениях».

Раздел 2. Физикохимия получения наноматериалов:

Тема 1. «Формирование материалов по механизму «снизу-вверх».

Тема 2. «Формирование материалов по механизму «сверху-вниз».

Раздел 3. Методы получения наночастиц и упорядоченных наноструктур:

Тема 1. «Методы механического диспергирования».

Тема 2. «Методы физического диспергирования. Схемы с участием лазерных источников».

Тема 3. «Методы химического диспергирования. Схемы с участием лазерных источников».

Тема 4. «Искусственное наноморфообразование: пучковые и зондовые методы литографии.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 4. Постановка лазерного эксперимента по получению наноматериалов:

Тема 1. «Определение класса опасности лазерных комплексов»;

Тема 2. «Свойства лазерного излучения. Определение длины волны лазера»;

Тема 3. «Получение тонких пленок методом лазерной абляции. Сравнительный анализ кольцевых зон в атмосфере воздуха и в вакууме»;

Тема 4. «Принцип работы атомно-силового микроскопа. Диагностика зерен тонкой пленки»;

Тема 5. «Получение наночастиц методом лазерной абляции в жидкость»;

Тема 6. «Метод динамического рассеяния света для анализа дисперсного состава коллоидного раствора»;

Тема 7. «Изучение влияния поляризации лазерного луча на лазерную модификацию поверхности тонких пленок»;

Тема 8. «Определение ближнего/дальнего порядка наноструктурирования поверхности по результатам растровой электронной микроскопии».

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются традиционные и интерактивные формы проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (Раздел 1. Тема №1);*
- *Групповая дискуссия (Раздел 2. Тема №2);*
- *Ролевые игры (Раздел 4. Тема №2);*
- *Тренинг (Раздел 4. Тема №6);*
- *Анализ ситуаций (Раздел 4. Тема №4);*
- *Применение имитационных моделей (Раздел 4. Тема № 8);*
- *Разбор конкретных ситуаций (Раздел 3. Тема №2);*
- *Другое.*

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

а) Вопросы к зачету с оценкой:

1. Изменение фазовых равновесий в наноразмерных системах.
2. Изменение температуры плавления в наноматериалах.
3. Изменение длины свободного пробега электронов в наноматериалах.
4. Процесс зарождения новой фазы. Условия зародышеобразования для наносред.
5. Изменение энергии Гиббса при формировании наноматериалов по механизму «снизу-вверх».

6. Схемы лазерного получения микро- и наноматериалов по методу испарение-конденсация.
7. Лазерного восстановления металлов из электролитов.
8. Лазерное осаждение наночастиц из коллоидных растворов.
9. Лазерная репликация наноструктур.
10. Лазерная нанолитография.
11. Особенности воздействия ультракоротких лазерных импульсов на твердое тело.
12. Формирование ЛИППС при лазерной обработке поверхности твердых тел.
13. Формирование наноматериалов по механизму сверху-вниз.
14. Формирование наноматериалов по механизму снизу-вверх.
15. Размерности наночастиц по дисперсной фазе.

б) Вопросы рейтинг-контроля

Вопросы рейтинг-контроля №1:

1. Изменение фазовых равновесий в наноразмерных системах.
2. Изменение температуры плавления в наноматериалах.
3. Поверхностная доля в наноматериалах.
4. Изменение длины свободного пробега электронов в наноматериалах.
5. Процесс зарождения новой фазы. Условия зародышеобразования для наносред.

Вопросы рейтинг-контроля №2:

1. Изменение энергии Гиббса при формировании наноматериалов по механизму «снизу-вверх».
2. Схемы лазерного получения микро- и наноматериалов по методу испарение-конденсация.
3. Лазерного восстановления металлов из электролитов.
4. Лазерное осаждение наночастиц из коллоидных растворов.
5. Лазерная репликация наноструктур.

Вопросы рейтинг-контроля №3:

1. Лазерная нанолитография.
2. Особенности воздействия ультракоротких лазерных импульсов на твердое тело.
3. Формирование ЛИППС при лазерной обработке поверхности твердых тел.
4. Формирование наноматериалов по механизму сверху-вниз.
5. Формирование наноматериалов по механизму снизу-вверх.
6. Размерности наночастиц по дисперсной фазе.

в) Вопросы к самостоятельной работе студента

1. Классификация нанообъектов.
2. Оптические характеристики наносред.
3. Функциональные и конструкционные наноматериалы.
4. Механизмы роста пленок из пара.
5. Особенности методов консолидации наноматериалов.
6. Лазерная наномодификация поверхности.
7. Методы зондовой технологии для создания наноматериалов.
8. Методы изучения свойств наноматериалов.
9. Лазерная абляция твердых материалов.

Темы рефератов:

1. Особенности взаимодействия лазерного излучения с веществом при облучении ультракороткими импульсами.
2. Математическое моделирование процессов образования и роста кластеров при лазерной абляции твердых тел.
3. Влияние температуры и шероховатости подложки в методе испарение-конденсация.
4. Роль буферного газа в схемах лазерного получения тонкопленочных покрытий.
5. Сравнение дисперсных размеров частиц при прямом и обратном осаждении из лазерного факела.
6. Квантовые точки и квантовая проволока. Получение и применение.
7. Способы внешнего управления разлетом частиц из парогазового облака, индуцированного лазерным излучением.
8. Сравнительная характеристика процесса массоперенос аблированных частиц в вакууме и в атмосфере воздуха.

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*			
Введение в фемтонанопластику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие / С. М. Аракелян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокошев [и др.] ; под общ. ред. С. М. Аракеляна. - Москва : Логос, 2020. - 744 с.	2020	248	
Электротехнологии нового поколения в производстве неорганических материалов: экология, энергосбережение, качество// Туманов Ю.Н. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 816 с. - ISBN 978-5-9221-1516-2.	2013	1	
Шахно, Е. А. Лазерные микро- и нанотехнологии : учебно-методическое пособие по практическим работам для студентов / Е. А. Шахно, А. А. Самохвалов. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. — 45 с. — ISBN 2227-8397.	2015		http://www.iprbookshop.ru/67248.html
Светличный, А. М. Микро- и нанотехнологии на основе когерентных и некогерентных источников излучения: учебное пособие / А. М. Светличный, И. Л. Житяев. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. — 96 с. — ISBN 978-5-9275-	2018		http://www.iprbookshop.ru/95792.html

3097-7.			
Дополнительная литература			
Дзидзигури, Э. Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии : учебное пособие / Э. Л. Дзидзигури, Е. Н. Сидорова. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 71 с. — ISBN 978-5-87623-605-0.	2012		http://www.iprbookshop.ru/56215.html
Вейко, В. П. Лазерные микро- и нанотехнологии в микроэлектронике : опорный конспект лекций / В. П. Вейко. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2011. — 141 с. — ISBN 2227-8397.	2011		http://www.iprbookshop.ru/67419.html
Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов [и др.] ; под редакцией А. С. Сигова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 185 с. — ISBN 978-5-93208-545-5.	2020		http://www.iprbookshop.ru/88492.html

7.2. Периодические издания

1. Вестник бурятского государственного университета. химия. Физика. – научн. журнал./ Гл. ред. В.В, Хахинов. – Улан-Удэ: Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова (2016–2020 г.);
2. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – научн. журнал./ Гл. ред. С.А. Шабров. – Воронеж: Воронежский государственный университет (2000–2020 г.);
3. Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. – научн. журнал./ Гл. ред. В.М. Сомсонов. – Тверь: Тверской государственный университет (2009–2020 г.).
4. Журнал «Наноиндустрия». ISSN: 1993-8578, Москва: Техносфера.
5. Издание «Полупроводниковая светотехника». ISSN:2079-9462. Санкт-Петербург: Медиа КиТ
6. Журнал «Фотоника». ISSN:1993-7296. Москва: Техносфера.

7.3. Интернет-ресурсы

1. Список публикаций сотрудников ООО «Активная оптика НайтН» // Режим доступа: http://www.nightn.ru/files/publications/publications_ru.htm.
2. Публикации сотрудников ФИАН // Режим доступа: <http://www.fian.smr.ru/rp/pub-r.html>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия по данной дисциплине проводятся в специальных аудиториях, оснащённых доской (в том числе интерактивной), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Лабораторные работы по темам «Определение класса опасности лазерных комплексов», «Получение тонких плёнок методом лазерной абляции» проводятся в научных лабораториях миллисекундной и фемтосекундной лазерной техники (107а-3, 107-3). Для проведения занятий по теме «Диагностика зерен тонкой пленки. Метод атомно-силовой микроскопии» используется лаборатория нанотехнологий и зондовой микроскопии Ntega Aura (419-3), по теме «Определение ближнего/дальнего порядка наноструктурирования поверхности по результатам растровой электронной микроскопии» – учебно-научная лаборатория растровой электронной микроскопии (104-3).

Рабочую программу составил

(ФИО, подпись)

Рецензент

(председатель работодателя)

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

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

ФиПИМ

Протокол №1 от 31.08.2020 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления

28.04.01

Протокол №1 от 31.08.2020 года

Председатель комиссии

С.М. Аракелян
(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 _____