

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР
А.А. Панфилов

« 23 » 12 20 15 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Лазерные микро- и нанотехнологии»

Направление подготовки 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии»

Профиль подготовки/программа подготовки: «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость (зач. ед/час.)	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лаб. работы (час)	СРС (час)	Форма контроля (экз./зачет)
3	4/144	18	36	-	54	Экзамен 36
ИТОГО	4/144	18	36	-	54	Экзамен 36

Владимир 2015 г.

Мол

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа предназначена для подготовки магистров по направлению 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии». Курс направлен на ознакомление с понятием 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.

Целью освоения дисциплины является ознакомление студентов с научными и производственными принципами лазерного упорядочивания наноструктур «сверху-вниз» и «снизу-вверх», опираясь на различия в лазерных и аналоговых методах.

Задачи дисциплины:

- 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 нелазерных 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» является дисциплиной по выбору вариативной части ОПОП. Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов профессиональных навыков в области лазерной техники и технологий, микроэлектроники и микромеханики, оплотехники, методов диагностики микро- и наноматериалов и обработки полученных изображений, которые могут быть получены в рамках дисциплин базовой части: «Информационные технологии в лазерной технике и лазерных технологиях», «История и методология лазерной техники и лазерных технологий»; дисциплин по выбору «Новые материалы лазерной техники и методы их изготовления»; а также ряда дисциплин,

изучаемых в рамках программ бакалавриата: «Обработка оптических изображений», «Зондовая микроскопия», «Электронная микроскопия». Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены для написания выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

- готовностью разрабатывать элементы (в том числе активные) лазерных систем на основе наноструктурированных материалов (ДПК-5);
- готовностью к организации и контролю процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (ДПК-13);
- способностью руководить работами по доводке и освоению лазерных технологий и техпроцессов производства лазерных приборов, систем и комплексов (ПК-11);
- способностью разрабатывать и оптимизировать программы модельных и натуральных экспериментальных исследований лазерных приборов, систем, комплексов и технологий (ПК-14).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) **Знать:** основные методы получения наночастиц и упорядоченных наноструктур лазерным и нелазерным способами, физико-химические процессы формирования наноструктурированных материалов (ДПК-5).

2) **Уметь:** осуществлять лазерный эксперимент по синтезу наноматериалов методом лазерной абляции (ПК-11,14, ДПК-5).

3) **Владеть:** методами атомно-силовой и растровой микроскопии для диагностики поверхностей, подвергаемых лазерному воздействию (ПК-11,14, ДПК-13).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторная работа	Контрольные работы	СРС		
1.	Связь размеров объектов и их свойств.	3	1-6	6		-			17	4/66	Рейтинг- контроль №1
2.	Физико-химия получения наноматериалов.	3	6-7	6		-			23	3/50	Рейтинг- контроль №2
3.	Методы получения наночастиц и упорядоченных наноструктур	3	8- 10	6		-			24	3/50	Рейтинг- контроль №3
4.	Постановка лазерного эксперимента по получению наноматериалов	3	11- 18			36			-	10/27	
Всего:		3	18	18		36			54	20/37	Экзамен (36)

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекции

Раздел 1. Связь размеров объектов и их свойств.

Лекция 1. Классификация нанообъектов и их характерные особенности: кристаллическая, геометрическая, электронная структуры. 3ч.

Лекция 2. Размерные зависимости физико-химических свойств материалов в классическом и квантовом приближениях. 3ч.

Раздел 2. Физико-химия получения наноматериалов.

Лекция 1. Формирование материалов по механизму «снизу-вверх». 3ч.

Лекция 2. Формирование материалов по механизму «сверху-вниз». 3ч.

Раздел 3. Методы получения наночастиц и упорядоченных наноструктур.

Лекция 1. Методы механического диспергирования. 1ч.

Лекция 2. Методы физического диспергирования. Схемы с участием лазерных источников. 2ч.

Лекция 3. Методы химического диспергирования. Схемы с участием лазерных источников. 2ч.

Лекция 4. Искусственное наноформообразование: пучковые и зондовые методы литографии. 1ч.

Практические занятия

Раздел 4. Постановка лазерного эксперимента по получению наноматериалов.

1. Определение класса опасности лазерных комплексов 2ч.
2. Свойства лазерного излучения. Определение длины волны лазера 2ч.
3. Получение тонких пленок методом лазерной абляции. Сравнительный анализ кольцевых зон в атмосфере воздуха и в вакууме
6ч.
4. Принцип работы атомно-силового микроскопа. Диагностика зерен тонкой пленки 4ч
5. Получение наночастиц методом лазерной абляции в жидкость 4ч.
6. Метод динамического рассеяния света для анализа дисперсного состава коллоидного раствора 4ч.
7. Изучение влияния поляризации лазерного луча на лазерную модификацию поверхности тонких пленок 4ч.
8. Определение ближнего/дальнего порядка наноструктурирования поверхности по результатам растровой электронной микроскопии
6ч
9. Статистическая обработка результатов экспериментов 4ч.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках лекционного курса:

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы, к практическим занятиям. Основа

самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, решение выданных преподавателем практики задач

5.3. Мультимедийные технологии обучения

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории (например, ауд. 430-3) с использованием компьютерного проектора.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций, а также организуются мастер-классы, предполагающие демонстрацию приемов, технологий, методов обработки и анализа изображений исследуемых нанообразцов на конкретных задачах.

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

а) Вопросы рейтинг-контроля №1:

1. Изменение фазовых равновесий в наноразмерных системах;
2. Изменение температуры плавления в наноматериалах;
3. Поверхностная доля в наноматериалах.

Вопросы рейтинг-контроля №2:

1. Изменение длины свободного пробега электронов в наноматериалах;
2. Процесс зарождения новой фазы. Условия зародышеобразования для наносред;
3. Изменение энергии Гиббса при формировании наноматериалов по механизму «снизу-вверх».

Вопросы рейтинг-контроля №3:

1. Схемы лазерного получения микро- и наноматериалов по методу испарение-конденсация;
2. Лазерного восстановления металлов из электролитов;

3. Лазерное осаждение наночастиц из коллоидных растворов;
4. Лазерная репликация наноструктур.

б) Экзаменационные вопросы по дисциплине:

1. Размерные зависимости термодинамических и тепловых свойств наноматериалов;
2. Размерные зависимости структурных свойств наноматериалов;
3. Взаимосвязь размерных характеристик наноматериалов;
4. Размерные зависимости электрических и магнитных свойств наноматериалов;
5. Оптические характеристики наносред;
6. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование;
7. Кинетика роста зародышей и методы подавления роста частиц;
8. Физика получения наноматериалов по методу «сверху-вниз»;
9. Физические методы получения наноматериалов с применением лазерных источников;
10. Химические методы получения наноматериалов с применением лазерных источников.

в) вопросы для контроля самостоятельной работы:

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.

г) 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

Основная литература:

1. Рыжонков Д.И. Наноматериалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.-365 с.: ил. - (Нанотехнологии). ISBN 978-5-9963-1097-5. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310975.html>
2. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. Д. Мишина [и др.] ; под ред. А. С. Сигова. - 3-е изд. (эл.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -184 с. : ил.- (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2131-5. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321315.html>
3. Введение в фемтонанопотонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие по направлениям подготовки бакалавриата 200400 (200200) "Оптотехника", 200500 "Лазерная техника и лазерные технологии", 200700 (200600) "Фотоника и оптоинформатика" и специальностям 200200 "Оптотехника" и 200201 "Лазерная техника и лазерные технологии" / С. М.

Аракелян [и др.] ; под общ. ред. С. М. Аракеяна .— Москва : Логос, 2015 .— 743 с. : ил., табл. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (211 Мб) .— Библиогр. в конце ч. — С. М. Аракеян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокошев, В. Г. Рау, А. Г. Сергеев - преподаватели ВлГУ .— ISBN 978-5-98704-812-2. Библиотека ВлГУ

4. Электротехнологии нового поколения в производстве неорганических материалов: экология, энергосбережение, качество// Туманов Ю.Н. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 816 с.
<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785922115162-SCN0000/000.html>

Дополнительная литература:

1. Лазерное наноструктурирование материалов: методы реализации и диагностики : учебное пособие / С. М. Аракеян [и др.] ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 139 с. : ил., табл. — Имеется электронная версия .— Библиогр.: с. 138-139. ISBN 978-5-9984-0083-4. <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2105/3/00698.pdf>>. Библиотека ВлГУ.

2. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр., Гусев А. И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105828.html>

3. Барыбин, А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / А. А. Барыбин, В. А. Бахтина, В. И. Томилин, Н. П. Томилина. – Красноярск : СФУ, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441543>

4. Харанжевский Е.В. Писарева Т.А. Лазерный синтез поверхностных наноструктурных покрытий систем Al-C / Вестник Удмуртского университета. Серия 4. Физика и химия, Вып. 1, 2011
<http://znanium.com/bookread2.php?book=514775>

5. Основы нанотехнологий и наноматериалов [электронный ресурс] : учеб. пос./ П.А. Витязь, Н.А. Свидунович. - Минск: Выш. шк., 2010. - 302 с.
<http://znanium.com/bookread2.php?book=506605>

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 аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

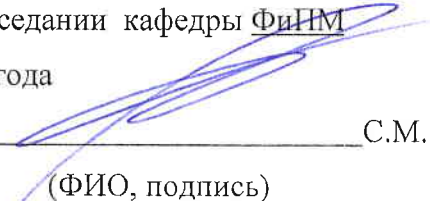
Занятия по темам «Определение класса опасности лазерных комплексов», «Получение тонких пленок методом лазерной абляции» проводятся в научных лабораториях миллисекундной и фемтосекундной лазерной техники (107а-3, 107-3). Для проведения занятий по теме «Диагностика зерен тонкой пленки. Метод атомно-силовой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

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии по программе подготовки: «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

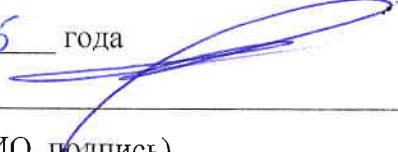
Рабочую программу составил ст. преподаватель каф. ФиПМ К.А. Горшков 
(ФИО, подпись)

Рецензент (представитель работодателя) Александр А. А.
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Главный специалист кадрово-методического отдела ФАП ГИТ "Радуга"

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол № 5а от 22.12.15 года
Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии по программе подготовки: «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

Протокол № 5а от 22.12.15 года
Председатель комиссии  С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой  С.М. Аркемен

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 _____