

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
ЛАЗЕРНЫЕ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии»
Профиль /программа подготовки: Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы
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	3/108	18	18	-	72	зачет с оценкой
Итого	3/108	18	18	-	72	зачет с оценкой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины 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.

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 Способен анализировать научно-техническую проблему, формулировать цель, задачи и план научного исследования в области лазерной техники и технологий	частичное освоение	Знать: <ul style="list-style-type: none">– типовую структуру описания научного исследования на этапе его планирования;– примеры постановки задач научных исследований в области лазерной техники и лазерных технологий и в смежных областях; Уметь: <ul style="list-style-type: none">– работать с источниками информации о программах финансовой поддержки научных исследований;– определять актуальность планируемых научных исследований на основе анализа источников научно-технической информации в области лазерной техники и лазерных технологий; Владеть: <ul style="list-style-type: none">– навыки составления описания планируемого научного исследования;– навыки использования междисциплинарного подхода при анализе научно-технической проблемы и планировании исследований в области лазерной техники и лазерных технологий;
ПК-4 Способен рассчитывать отдельные параметры волоконного лазера и входящих в него компонентов	частичное освоение	Знать: <ul style="list-style-type: none">• области применения, принципы действия, компоненты и типичные выходные характеристики волоконных лазеров; Уметь: <ul style="list-style-type: none">• анализировать возможные области применения волоконного лазера в зависимости от его характеристик;• выполнять расчёт параметров волоконных лазерных систем и входящих в них компонентов; Владеть:

		<ul style="list-style-type: none"> • навыки анализа конкурентоспособности разрабатываемых лазерных систем; • навыки расчёта параметров волоконного лазера и параметров входящих в него компонентов;
ПК-6 Способен разрабатывать элементы (в том числе активные) лазерных систем на основе наноструктурированных материалов	частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные физические принципы функционирования лазерных элементов, изготовленных на основе наноструктурированных материалов; • принципы технологии изготовления оптической керамики, в том числе лазерной нанокерамики; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • разрабатывать элементы лазерных систем на основе наноструктурированных материалов; • анализировать свойства и характеристики наноструктурированных материалов, в том числе с использованием методов математического моделирования; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыки конструирования активных элементов лазерных систем, выполненных из наноструктурированных материалов; • навыки выполнения сравнительной оценки наноструктурированных материалов при планировании их использования в лазерных системах;

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 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.	Связь размеров объектов и их свойств.	3	1-6	6			27	4/66	Рейтинг-контроль №1
2.	Физико-химия получения наноматериалов.	3	6-7	6			22	3/50	Рейтинг-контроль №2
3.	Методы получения наночастиц и упорядоченных наноструктур	3	8-10	6			23	3/50	Рейтинг-контроль №3
4.	Постановка лазерного эксперимента по получению наноматериалов	3	11-18		18		-	5/27	
Наличие в дисциплине КП/КР		3	-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине		3	18	18	18		72	15/37	зачет с оценкой

Содержание лекционных занятий по дисциплине

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». 3.

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 наноразнообразие: пучковые и зондовые методы литографии. 1ч.

Содержание практических занятий по дисциплине

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. 3ч.
4. Принцип работы атомно-силового микроскопа. Диагностика зерен тонкой пленки. 2ч.
5. Получение наночастиц методом лазерной абляции в жидкость. 2ч.
6. Метод динамического рассеяния света для анализа дисперсного состава коллоидного раствора. 2ч.
7. Изучение влияния поляризации лазерного луча на лазерную модификацию поверхности тонких пленок. 2ч.
8. Определение ближнего/дальнего порядка наноструктурирования поверхности по результатам растровой электронной микроскопии. 3ч.
9. Статистическая обработка результатов экспериментов. 2ч.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «*ЛАЗЕРНЫЕ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (раздел №1-3);
- Применение имитационных моделей (раздел № 3);
- Разбор конкретных ситуаций (раздел №2);

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

а) Вопросы рейтинг-контроля:

Рейтинг-контроля №1:

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

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».

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) Вопросы к зачету с оценкой:

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.

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.

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
Основная литература*			
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.	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310975.html
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. -	2013		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321315.html

184 с. : ил.- (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2131-5.			
Введение в фемтонанопонику: 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. Аракеляна .— Москва : Логос, 2015 .— 743 с. : ил., табл. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (211 Мб) .— Библиогр. в конце ч. — С. М. Аракелян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокошев, В. Г. Рау, А. Г. Сергеев - преподаватели ВлГУ .— ISBN 978-5-98704-812-2. Библиотека ВлГУ		100	
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			
Лазерное наноструктурирование материалов: методы реализации и диагностики : учебное пособие / С. М. Аракелян [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.			http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2105/3/00698.pdf
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
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
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
Основы нанотехнологий и наноматериалов [электронный ресурс] : учеб. пос./ П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич. - Минск: Выш. шк., 2010. - 302 с.			http://znanium.com/bookread2.php?book=506605

7.2. Периодические издания

1. Наноиндустрия. Издательство: Техносфера. Год основания журнала: 2007. Страна: Россия. ISSN: 1993-8578.
2. Технические науки – от теории к практике. Издательство: Сибирская академическая книга. Год основания журнала: 2011. Страна: Россия. Город: Новосибирск. ISSN: 2308-5991


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

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком. Практические работы проводятся в 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).

Рабочую программу составил Кучерик А.О. 

Рецензент (представитель работодателя)

Ген. директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол №1 от 02 сентября 2019 года

Заведующий кафедрой _____

С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии
Протокол №1 от 02 сентября 2019 года

Председатель комиссии _____

С.М. Аракелян

**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 _____