

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

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

#### 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		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310975.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310975.html</a>
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		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321315.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321315.html</a>

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.			<a href="http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785922115162-SCN0000/000.html">http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785922115162-SCN0000/000.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
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.			<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2105/3/00698.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2105/3/00698.pdf</a>
Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр., Гусев А. И. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0582-8.			<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105828.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105828.html</a>
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.			<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441543">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441543</a>
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			<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=514775">http://znanium.com/bookread2.php?book=514775</a>
Основы нанотехнологий и наноматериалов [электронный ресурс] : учеб. пос./ П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич. - Минск: Выш. шк., 2010. - 302 с.			<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=506605">http://znanium.com/bookread2.php?book=506605</a>

## 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](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 2019/2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.2019 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

 С.М. Аракелян

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 \_\_\_\_\_