

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



\_\_\_\_\_ К.С. Хорьков

« 00 » *августа* 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОПТИКИ И ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ**

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир  
Год 2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Современные материалы для оптики и лазерной техники» является ознакомление студента с развитием оптико-электронных материалов для лазерной техники, познакомить с основными характеристиками принципами и их особенностями для формирования исследовательского мышления и формирования отработки навыков, необходимых для выполнения исследовательских и практических работ..

Задачи: Познакомить студента с основными оптическими материалами использующимися как для генерации излучения так и доставки излучения в лазерной технике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Современные материалы для оптики и лазерной техники» относится к основным обязательным дисциплинам основной профессиональной образовательной программы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учётом специфики исследований и разработки лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий	ОПК-1.1. Знает современную научную картину мира, правовые основы охраны объектов исследования, современные проблемы и специфику исследований и разработок в области лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий, отечественные и международные стандарты по качеству и особенности их применения в области лазерной техники и лазерных технологий. ОПК-1.2. Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы, применять актуальную нормативную документацию в области профессиональной деятельности, выбирать и использовать адекватные поставленной задаче методы её решения, работать с записями по качеству. ОПК-1.3. Владеет навыками формулирования целей и задач исследований и разработок с учётом сложившихся норм и традиций научного познания мира, оценки патентоспособности технических и художественно-конструкторских решений, выработки стратегии и оценки достижимости решения задач	Знает современную научную картину мира, правовые основы охраны объектов исследования, современные проблемы и специфику исследований и разработок в области лазерной техники, оптических материалов и лазерных технологий, отечественные и международные стандарты по качеству и особенности их применения в области лазерной техники и лазерных технологий. Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы, применять актуальную нормативную документацию в области профессиональной деятельности, выбирать и использовать адекватные поставленной задаче методы её решения, работать с записями по качеству. Владеет навыками формулирования целей и задач исследований и разработок с учётом сложившихся норм и традиций научного познания мира, оценки патентоспособности технических и художественно-конструкторских решений, выработки стратегии и оценки достижимости решения задач исследований и разработок в области лазерной техники, оптических материалов и технологий с учётом правовых	Тестовые вопросы Ситуационные задачи

	исследований и разработок в области лазерной техники, оптических материалов и технологий с учётом правовых ограничений и соблюдения стандартов по качеству.	ограничений и соблюдения стандартов по качеству.	
ПК-3. Способен проводить расчёты для определения необходимых требований к параметрам гетероструктуры и конструкции излучающего элемента полупроводникового лазера	ПК-3.1. Знает расчётные соотношения и методики расчёта при конструировании излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем. ПК-3.2. Умеет определять набор необходимых требований и ограничений при конструировании излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем. ПК-3.3. Владеет навыками выполнения расчётов для определения необходимых требований к параметрам гетероструктуры и конструкции излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем.	Знает расчётные соотношения и методики расчёта при конструировании излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем Умеет определять набор необходимых требований и ограничений при конструировании излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем Владеет навыками выполнения расчётов для определения необходимых требований к параметрам гетероструктуры и конструкции излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем	Тестовые вопросы Ситуационные задачи
ПК-4. Способен рассчитывать отдельные параметры волоконного лазера и входящих в него компонентов	ПК-4.1. Знает области применения, принципы действия, компоненты и типичные выходные характеристики волоконных лазеров. ПК-4.2. Умеет анализировать возможные области применения волоконного лазера в зависимости от его характеристик. ПК-4.3. Владеет базовыми навыками расчёта параметров волоконного лазера и параметров входящих в него компонентов, а также анализа конкурентоспособности разрабатываемых лазерных систем.	Знает области применения, принципы действия, компоненты и типичные выходные характеристики волоконных лазеров Умеет анализировать возможные области применения волоконного лазера в зависимости от его характеристик. Владеет базовыми навыками расчёта параметров волоконного лазера и параметров входящих в него компонентов, а также анализа конкурентоспособности разрабатываемых лазерных систем.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи
ПК-6. Способен разрабатывать элементы (в том числе активные) лазерных систем на основе наноструктурированных материалов	ПК-6.1. Знает основные физические принципы функционирования лазерных элементов, изготовленных на основе наноструктурированных материалов. ПК-6.2. Умеет разрабатывать элементы лазерных систем на основе наноструктурированных материалов, анализировать свойства и характеристики наноструктурированных материалов, в том числе с использованием методов математического	Знает основные физические принципы функционирования лазерных элементов, изготовленных на основе наноструктурированных материалов; Умеет разрабатывать элементы лазерных систем на основе наноструктурированных материалов и анализировать свойства и характеристики наноструктурированных материалов, в том числе с использованием методов математического моделирования; Владеет навыками	Тестовые вопросы Ситуационные задачи

	<p>моделирования. ПК-6.3. Владеет навыками конструирования активных элементов лазерных систем, выполненных из наноструктурированных материалов, а также выполнения сравнительной оценки наноструктурированных материалов при планировании их использования в лазерных системах.</p>	<p>конструирования активных элементов лазерных систем, выполненных из наноструктурированных материалов и выполнения сравнительной оценки наноструктурированных материалов при планировании их использования в лазерных системах;</p>	
--	---	--	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Лазерные материалы. Устройство и классификация лазеров	2	1-5	-	16	6		27	рейтинг-контроль №1
2	Лазерная керамика. Методы изготовления и применение	2	6-11	-	10	6		27	рейтинг-контроль №2
3	Лазерные керамические материалы. Фторидная керамика	2	12-18	-	10	6		36	рейтинг-контроль №3
Всего за 2 семестр:		2	18	-	36	18		90	Зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР		-	-	-	-	-		-	-
Итого по дисциплине		2	18	-	36	18		90	Зачет с оценкой

#### Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине

Тема 1 Лазерные материалы. Устройство и классификация лазеров

*Содержание практических/лабораторных занятий.*

1. Корундовая оптика для специзделий (оптическая броня)
2. Требования к матрицам твердотельных лазеров
3. Выращивание монокристалла
4. Получение оптической керамики
5. Технологии прессования/спекания керамики
6. Схема дезинтегратора
7. Стадии/механизмы формования
8. Одноосное статическое прессование
9. Горячее прессование
10. Типичное прессовое оборудование

Тема 2 Лазерная керамика. Методы изготовления и применение

*Содержание практических/лабораторных занятий.*

1. Эволюция микроструктуры при спекании
2. Спекание навивки медной проволоки и образование упорядоченной системы пор
3. Печи для спекания



4. Результаты синтеза керамики
  5. Рост выходной мощности керамических лазеров
  6. Сравнительные генерационные характеристики керамики и монокристалла, *ibid*
- 100 кВт лазерная система (ЛС)
7. Лазерные модули TEXTRON
  8. Спектры люминесценции
  9. Кинетика люминесценции
  10. Потери на рассеяние для YAG:Nd
  11. YAG:Er керамический лазер

Тема 3 Лазерные керамические материалы. Фторидная керамика

*Содержание практических/лабораторных занятий.*

1. Спектральные характеристики ионов хрома в ZnS, ZnSe, CdSe
2. Монокристаллический CaF<sub>2</sub>:Yb<sup>3+</sup>
3. Изготовление фторидной нанокерамики
4. Кривые тангенциальной эффективности
5. Одновременно достигаемые параметры высокой выходной мощности и высокой эффективности;
6. Слэб-лазер. Конструкция

#### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

1. Технология химического соосаждения
2. Технология реактивного ТФС
3. Синтез прозрачной YAG-керамики
4. Микроструктура порошка YAG:Nd
5. Формование и спекание. Влияние режима спекания на качество керамики
6. Помол в шаровой мельнице
7. Светопропускание корундовой керамики в зависимости от пористости
8. Измерение спектров поглощения
9. Измерение спектров люминесценции

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

#### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

##### **Вопросы рейтинг-контроля:**

##### **Рейтинг-контроль №1**

1. Исторический экскурс.
2. Сравнительные свойства материалов для активных элементов твердотельных лазеров
3. Требования к исходным порошкам
4. Пластификаторы
5. Спекание
6. Интенсификация диффузионного спекания
7. Керамика с градиентным изменением концентрации легирующей добавки

##### **Рейтинг-контроль №2**

1. Сравнительные спектры поглощения
2. Сравнительные параметры различных твердотельных матриц
3. Оптическая фторидная нанокерамика

4. Основная концепция технологии дискового лазера
5. Баллоны для ламп сверхвысокого давления п
6. Требования к матрицам твердотельных лазеров п
7. Получение оптической керамики п

#### Рейтинг-контроль №3

1. Схема дезинтегратора
2. Одноосное статическое прессование
3. Типичное прессовое оборудование
4. Печи для спекания
5. Рост выходной мощности керамических лазеров
6. Спектры люминесценции

### 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

#### Вопросы к зачету с оценкой:

1. Оптическая керамика. Основные понятия и определения.
2. Квантрон первого керамического лазера на  $\text{CaF}_2:\text{Dy}^{3+}$
3. Сравнительные свойства материалов для активных элементов твердотельных лазеров
4. Основные способы получения лазерной керамики
5. Требования к исходным порошкам
6. Методы химической гомогенизации
7. Пластификаторы
8. Изостатическое прессование
9. Спекание
10. Основные типы спекания
11. Интенсификация диффузионного спекания
12. Светорассеяние в керамике
13. Керамика с градиентным изменением концентрации легирующей добавки
14. Типичный DPSS лазер с поперечной накачкой
15. Сравнительные спектры поглощения
16. Порог оптической прочности
17. Сравнительные параметры различных твердотельных матриц
18. Нормированное поглощение при комнатной температуре и спектр излучения-усиления ионов  $\text{Cr}^{2+}$  в кристаллах  $\text{ZnS}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{CdSe}$
19. Оптическая фторидная нанокерамика
20. Микрочип-лазер. Исследование характеристик
21. Основная концепция технологии дискового лазера
22. Дисковый лазер
23. Баллоны для ламп сверхвысокого давления п
24. Корундовая оптика для специзделий (оптическая броня) п
25. Требования к матрицам твердотельных лазеров п
26. Выращивание монокристалла п
27. Получение оптической керамики п
28. Технологии прессования/спекания керамики
29. Схема дезинтегратора
30. Стадии/механизмы формования
31. Одноосное статическое прессование
32. Горячее прессование
33. Типичное прессовое оборудование
34. Эволюция микроструктуры при спекании

35. Спекание навивки медной проволоки и образование упорядоченной системы пор
36. Печи для спекания
37. Результаты синтеза керамики
38. Рост выходной мощности керамических лазеров
39. Сравнительные генерационные характеристики керамики и монокристалла, *ibid*
- 100 кВт лазерная система (ЛС)
40. Лазерные модули TEXTRON
41. Спектры люминесценции
42. Кинетика люминесценции
43. Потери на рассеяние для YAG:Nd
44. YAG:Er керамический лазер
45. Спектральные характеристики ионов хрома в ZnS, ZnSe, CdSe
46. Монокристаллический CaF<sub>2</sub>:Yb<sup>3+</sup>
47. Изготовление фторидной нанокерамики
48. Кривые тангенциальной эффективности
49. Слэб-лазер. Конструкция

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

#### Темы рефератов:

1. Принцип работы, устройство и характеристики газовых He-Ne-лазеров.
2. Принцип работы, устройство и характеристики газовых CO<sub>2</sub>-лазеров.
3. Импульсные лазеры на активированных кристаллах.
4. Импульсные лазеры на активированных стеклах.
5. Принцип работы и устройство полупроводниковых лазеров.
6. Лазерные системы с ультракороткими импульсами.
7. Волоконные лазеры и усилители сигнала.
8. Устройство электрооптического модулятора и характеристики промышленных электрооптических модуляторов.
9. Устройство магнитооптического модулятора и характеристики промышленных магнитооптических модуляторов.
10. Устройство для выделения высших гармоник с помощью ниобата лития.
11. Устройство электрооптического переключателя и оптического диода.
12. Промышленные полупроводниковые приемники оптического излучения: устройство и характеристики.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. Методы компактирования и консолидации наноструктурных M54 материалов и изделий [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. Л. Хасанов [и др.]. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 269 с. : ил. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-2124-7	2013	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321247.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321247.html</a>
Электрофизические и электрохимические способы обработки	2014	<a href="http://znanium.com/catalog">http://znanium.com/catalog</a>



материалов: Учебное пособие / М.Г. Киселев и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 389 с.: ил.; 60x90 1/16. - (ВО: Магистратура). (п) ISBN 978-5-16-009430-4, 600 экз.		<a href="http://product/441209">g/product/441209</a>
Покрытия различного назначения для металлических материалов: Учебное пособие / А.А.Ильин, Г.Б.Строганов, С.В.Скворцова - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 144 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Совр. технол.: Магистратура). (п) ISBN 978-5-98281-355-8, 522 экз.	2013	<a href="http://znanium.com/catalog/product/415572">http://znanium.com/catalog/product/415572</a>
Дополнительная литература		
Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник / Ю.Г. Якушенков - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2011. - 568 с.: ил. - ISBN 978-5-98704-533-6.	2011	<a href="https://www.studmed.ru/ya-kushenkov-yug-teoriya-i-raschet-optiko-elektronnyh-priborov_631a151a7e1.html">https://www.studmed.ru/ya-kushenkov-yug-teoriya-i-raschet-optiko-elektronnyh-priborov_631a151a7e1.html</a>
Физико-химические основы создания активных материалов: учебник / Куприянов М.Ф., Кабиров Ю.В., Рудская А.Г. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2011. - 278 с. ISBN 978-5-9275-0847-1 Современные проблемы материаловедения керамических пьезоэлектрических материалов: монография / А.А. Нестеров, А.А. Панич. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2010. - 226 с. ISBN 978-5-9275-0736-8	2011	<a href="http://znanium.com/spec/catalog/author/?id=0ed5e896-021f-11e6-b9ff-90b11c31de4c">http://znanium.com/spec/catalog/author/?id=0ed5e896-021f-11e6-b9ff-90b11c31de4c</a>

## 6.2. Периодические издания

### Журналы:

**Квантовая электроника** — ведущий российский научный ежемесячный журнал в области лазеров и их применений.

**Laser Physics** - то международный журнал, издаваемый в сотрудничестве с институтами, занимающимися лазерными исследованиями.

**Applied Physics Letters** — еженедельный рецензируемый научный журнал, посвященный новым экспериментальным и теоретическим результатам в прикладной физике.

## 6.3. Интернет-ресурсы

[www.quantum-electron.ru](http://www.quantum-electron.ru)

[www.lasphys.com](http://www.lasphys.com)


[www.photonics.su](http://www.photonics.su)

[www.nanoindustry.su](http://www.nanoindustry.su)

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины указывается необходимое для обучения лицензионное программное обеспечение, оборудование, демонстрационные приборы, мультимедийные средства, учебные фильмы, тренажеры, карты, плакаты, наглядные пособия; требования к аудиториям – компьютерные классы, специально оборудованные аудитории и лаборатории и т.д.

Практические занятия проводятся в аудитории (или компьютерном классе), оборудованной мультимедийным оборудованием (430-3, 431-3 или аналогичной аудитории в зависимости от сетки расписания).

Рабочую программу составил зав.баз.каф. ЛСиК Антипов А.А. 

(должность, ФИО, подпись)

Рецензент

Генеральный директор ООО «ВладИнТех»

 А.В. Осипов  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол №1 от 30.08.2021 года



Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05  
Протокол №1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, должность, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от \_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_