

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР  
А.А.Панфилов

« 13 » 10 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МИКРООПТИКА И ФОТОНИКА**

Направление подготовки 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

| Семестр | Трудоемкость<br>ед./ час. | зач. | Лекции,<br>час. | Практич.<br>занятия,<br>час. | Лаборат.<br>работы,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма<br>промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|---------|---------------------------|------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|---|
| 8       | 4 / 144                   |      | 27              | 9                            | 18                          | 90           | зачёт с оценкой                                     |
| Итого   | 4 / 144                   |      | 27              | 9                            | 18                          | 90           | зачёт с оценкой                                     |

Владимир 2015

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Микрооптика и фотоника» является формирование знаний в области базовых принципов функционирования и конструирования оптических элементов и устройств, реализуемых на микроуровне.

Задачи дисциплины:

- получение знаний о последних достижениях в области микрооптики и фотоники, формирование у студентов научного мышления и современной естественнонаучной картины мира;
- изучение основных эффектов, процессов и явлений, определяющих функционирование элементов и устройств на микроуровне в оптическом диапазоне;
- изучение методов анализа и расчета элементов и систем микрооптики и фотоники;
- ознакомление студентов с современной научной аппаратурой и выработка у них начальных навыков проведения экспериментальных научных исследований различных физических явлений и оценки погрешностей измерений.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Микрооптика и фотоника» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит в восьмом семестре, так как она требует базовой подготовки в области физики, основ оптики и квантовой электроники, когерентной, нелинейной, прикладной оптики, лазерной техники и лазерных измерений, оптических материалов и технологий, систем автоматизированного проектирования в оптике, физических и математических принципов адаптивной оптики и взаимодействия лазерного излучения с веществом.

Для изучения дисциплины студенты должны обладать знаниями, умениями и навыками работы с оптико-механическими устройствами, лазерными системами, измерительным и аналитическим оборудованием, системами проектирования в оптике, математическим моделированием и конструированием элементов лазерных комплексов.

Освоение дисциплины необходимо для прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате изучения дисциплины студент должен освоить следующие компетенции:

ПК-5. Способность к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- физические принципы, эффекты и процессы, лежащие в основе функционирования элементной базы и устройств микрооптики, особенности их проявления при переходе к элементам микронных размеров (ПК-5);

2) Уметь:

- правильно использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании систем микрооптики и фотоники; использовать математический аппарат при разработке элементной базы и устройств микрооптики и фотоники (ПК-5);

3) Владеть:

- основными методами и алгоритмами расчета элементной базы и устройств микрооптики с учетом условий их реализации и границ применения (ПК-5);

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 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   | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС       | КП / КР  |   |   |
| 1            | Основные положения геометрической, волновой, квантовой и нелинейной оптики | 8       | 1-2             | 4  | 4                    | -                   | -                  | 14        | -        | 4 / 50%   | Рейтинг-контроль №1   |
| 2            | Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом                     | 8       | 3-5             | 6  | 5                    | -                   | -                  | 18        | -        | 5,5 / 50%   |   |
| 3            | Твердотельные источники и приемники излучения                              | 8       | 6-8             | 6  | -                    | 4                   | -                  | 18        | -        | 4 / 40%   | Рейтинг-контроль №2   |
| 4            | Оптические волноводы   | 8       | 9-11            | 4  | -                    | 4                   | -                  | 14        | -        | 4 / 50%   |   |
| 5            | Фотонные кристаллы и голография  | 8       | 12-14           | 3  | -                    | 4                   | -                  | 12        | -        | 3,5 / 50%   | Рейтинг-контроль №3   |
| 6            | Оптические микроэлементы и устройства                                      | 8       | 15-18           | 4  | -                    | 6                   | -                  | 14        | -        | 6 / 60%   |   |
| <b>Всего</b> |  |         | <b>18</b>       | <b>27</b>  | <b>9</b>             | <b>18</b>           | <b>-</b>           | <b>90</b> | <b>-</b> | <b>27 / 50%</b>   | <b>зачёт с оценкой</b>  |

#### Содержание разделов дисциплины

| Темы, разделы дисциплины  | Кол-во часов | лекции   | практические | лабораторные | срс       |
|---|--------------|----------|--------------|--------------|-----------|
| <b>Раздел 1. Основные положения геометрической, волновой, квантовой и нелинейной оптики</b> | <b>22</b>    | <b>4</b> | <b>4</b>     | <b>-</b>     | <b>14</b> |
| Лекция 1. Основные положения геометрической и волновой оптики                               | 12           | 2        | 2            | -            | 8         |
| Лекция 2. Основные положения квантовой и нелинейной оптики                                  | 10           | 2        | 2            | -            | 6         |
| <b>Раздел 2. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом</b>                     | <b>29</b>    | <b>6</b> | <b>5</b>     | <b>-</b>     | <b>18</b> |
| Лекция 3. Излучение и вещество  | 10           | 2        | 2            | -            | 6         |
| Лекция 4. Квантовые размерные эффекты   | 10           | 2        | 2            | -            | 6         |
| Лекция 5. Способы управления оптическим излучением  | 9            | 2        | 1            | -            | 6         |
| <b>Раздел 3. Твердотельные источники и приемники излучения</b>                              | <b>28</b>    | <b>6</b> | <b>-</b>     | <b>4</b>     | <b>18</b> |
| Лекция 6. Источники некогерентного излучения  | 10           | 2        | -            | 2            | 6         |
| Лекция 7. Твердотельные лазеры  | 8            | 2        | -            | -            | 6         |
| Лекция 8. Твердотельные приемники излучения   | 10           | 2        | -            | 2            | 6         |
| <b>Раздел 4. Оптические волноводы</b>   | <b>22</b>    | <b>4</b> | <b>-</b>     | <b>4</b>     | <b>14</b> |
| Лекция 9. Объемные и планарные оптические волноводы   | 11           | 2        | -            | 2            | 7         |
| Лекция 10. Волноводные структуры в объемных образцах  | 11           | 2        | -            | 2            | 7         |

| Темы, разделы дисциплины                                   | Кол-во часов | лекции    | практические | лабораторные | срс       |
|--|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| <b>Раздел 5. Фотонные кристаллы и голография</b>           | <b>19</b>    | <b>3</b>  | <b>-</b>     | <b>4</b>     | <b>12</b> |
| Лекция 11. Фотонные и поляритонные кристаллы               | 10           | 2         | -            | 2            | 6         |
| Лекция 12. Способы голографической записи                  | 9            | 1         | -            | 2            | 6         |
| <b>Раздел 6. Оптические микроэлементы и устройства</b>     | <b>24</b>    | <b>4</b>  | <b>-</b>     | <b>6</b>     | <b>14</b> |
| Лекция 13. Основные компоненты интегрально-оптических схем | 13           | 2         | -            | 2            | 7         |
| Лекция 14. Микрооптомеханические схемы                     | 11           | 2         | -            | 4            | 7         |
| <b>Зачёт с оценкой</b>                                     |              |           |              |              |           |
| <b>Итого</b>   | <b>144</b>   | <b>27</b> | <b>9</b>     | <b>18</b>    | <b>90</b> |

### Лабораторные занятия

| № модуля дисциплины  | № п/п | Наименование и/или краткое содержание лабораторных работ   | Трудоёмкость (часов) |
|--|-------|--|----------------------|
| <b>Раздел 3. Твердотельные источники и приемники излучения</b> | 1     | № 3.1 Изучение конструкции и геометрии полупроводниковых гетероструктур                          | 2                    |
|  | 2     | № 3.2 Исследование параметров лазерных диодов на основе гетероструктур                           | 2                    |
| <b>Раздел 4. Оптические волноводы</b>                          | 3     | № 4.1 Формирование оптических структур в прозрачных материалах                                   | 2                    |
|  | 4     | Защита лабораторных работ  | 2                    |
| <b>Раздел 5. Фотонные кристаллы и голография</b>               | 6     | № 5.1 Лазерно-индуцированное формирование микрооптических элементов                              | 2                    |
|  | 7     | № 5.2 Модификация показателя преломления в оптическом волокне фемтосекундным лазерным излучением | 2                    |
| <b>Раздел 6. Оптические микроэлементы и устройства</b>         | 8     | № 6.1 Изучение конструкции и геометрии интегрально-оптических элементов                          | 2                    |
|  | 9     | № 6.2 Изучение технологии сварки оптических волокон  | 2                    |
|  | 10    | Защита лабораторных работ  | 2                    |
| <b>ИТОГО:</b>  |       |  | <b>18</b>            |

На практических занятиях, ориентированных на предметную область будущей профессиональной деятельности студентов, контролируется степень усвоения студентами основных теоретических положений по основным разделам дисциплины.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или компьютера);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- технология проблемного обучения (case study). При рассмотрении вопросов практического применения рассмотренного теоретического материала, используется диалог со студентами на предмет возможных способов решения поставленной задачи;

- мастер-классы (демонстрация на практических занятиях принципов расчета задач по различным темам);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

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

Текущий контроль успеваемости является распределённым и основан на оценке нескольких составляющих.

1. Результаты рейтинг-контроля.
2. Выполнение и защита лабораторных работ.
3. Выполнение практических заданий.

### Вопросы рейтинг-контроля №1

1. Оптические константы, световые лучи.
2. Отражение и преломление света на границе раздела двух сред, явление полного внутреннего отражения, прохождение света через поглощающие среды.
3. Электромагнитные волны, уравнение Максвелла и граничные условия.
4. Интерференция и дифракция света, комплексный показатель преломления, показатель поглощения.
5. Фазовая и групповая скорость света, дисперсия, соотношение Крамерса-Кронига.
6. Поляризация плоских волн, распространение света в изотропных и анизотропных средах, двойное лучепреломление.
7. Оптическая активность и фарадеевское вращение.
8. Квантовые переходы при взаимодействии с электромагнитным излучением.
9. Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна.
10. Кинетические уравнения, усиление и генерация оптического излучения.
11. Монохроматичность, поляризация, когерентность, направленность лазерных пучков.
12. Пространственное, амплитудное, поляризационное, частотное, временное и фазовое преобразование лазерных пучков.
13. Нелинейные явления второго порядка, электромагнитная формулировка нелинейного взаимодействия.
14. Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты.
15. Генерация гармоник.
16. Условие фазового синхронизма.
17. Параметрические преобразования в оптике, настройка частоты в параметрических генераторах.
18. Модуляторы на основе оптической нелинейности.
19. Нелинейная оптика и молекулярное рассеяние света.
20. Зеркальное отражение, микрошероховатость поверхности и геометрические неоднородности
21. Многослойные низкоразмерные композиции.
22. Квантовые ограничения. Размерные эффекты.
23. Методы получения наночастиц и наноматериалов.
24. Квантовые точки, квантовая проволока, нанослои.
25. Периодические квантово-размерные гетероструктуры.
26. Электронный спектр двумерных и одномерных систем.
27. Оптические переходы в квантово-размерных структурах.
28. Электрооптические методы управления оптическим излучением.

29. Акустооптические методы управления оптическим излучением.
30. Магнитооптические методы управления оптическим излучением.

#### Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Инжекционные источники света на основе гомо- и гетеропереходов.
2. Излучатели с преобразователем спектрального состава излучения.
3. Инфракрасные излучатели.
4. Лазеры на кристаллах и стеклах.
5. Основные способы получения лазерной керамики.
6. Оптические резонаторы, добротность.
7. Моды лазерного резонатора.
8. Лазеры с селекцией мод, перестраиваемые и частотно-модулированные лазеры.
9. Инжекционные лазеры на гетеропереходах.
10. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фотоумножители.
11. Спектральные, энергетические, частотные характеристики.
12. ПЗС линейки и матрицы, микроканальные пластины.
13. Основные понятия теории волноводов. Полное внутреннее отражение. Потери и усиление оптических сигналов.
14. Объемные и планарные оптические волноводы.
15. Распределение мощности, соотношения для лучевого и волнового приближений.
16. Нелинейно-оптические эффекты в брэгговских волноводах.
17. Механизмы возникновения потерь в оптических волноводах.
18. Элементы теории оптических наноантенн.
19. Соединение и сращивание оптических волокон.
20. Оптические мультиплексоры и демultipлексоры.

#### Вопросы рейтинг-контроля №3

1. Фотонные кристаллы и метаматериалы. Понятие запрещенной зоны.
2. Распространение света в фотонных материалах с запрещенной зоной.
3. Моделирование оптических эффектов в фотонных кристаллах.
4. Способы получения реальных фотонных кристаллов.
5. Отрицательный показатель преломления. Метаматериалы и гиперболические материалы.
6. Метаповерхности. Аномальное преломление и отражение.
7. Коллоидные растворы.
8. Основы локально усиленной оптической микроскопии и спектроскопии.
9. Формирование изображений и отображение информации с помощью голограммной оптики и голографических систем.
10. Объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии
11. Голограммные и дифракционные оптические элементы
12. Голографическая интерферометрия, голографическая память, оптико-голографическая обработка информации
13. Способы диагностики нано- и микроустройств.
14. Устройства и способы ввода и вывода излучения.
15. Оптические распределительные и коммутационные устройства, направленные ответвители, переключатели.
16. Оптические спектральные фильтры, интерференционные покрытия.
17. Управляемые зеркала и дифракционные решетки.
18. Линзы Френеля, фокусирующие компоненты интегральной оптики.
19. Оптомеханические ключи.
20. Механические сканирующие микрзеркала, линзы, модуляторы и дифракционные решетки.

**Промежуточная аттестация** проходит в форме зачёта с оценкой.

Вопросы к зачёту с оценкой

1. Квантово-размерные эффекты.
2. Основные положения геометрической оптики.
3. Классические размерные эффекты.
4. Основные положения волновой оптики.
5. Источники некогерентного излучения.
6. Основные положения квантовой оптики
7. Твердотельные лазеры.
8. Основные положения нелинейной оптики.
9. Формирование волноводных структур в прозрачных средах.
10. Твердотельные приемники излучения.
11. Объемные и планарные оптические волноводы.
12. Методы управления оптическим излучением.
13. Основные компоненты интегрально-оптических схем.
14. Фотонные кристаллы. Распространение света в фотонных материалах.
15. Физические особенности работы гетероструктур.
16. Микрооптомеханические схемы.
17. Объемная голография и фоточувствительные материалы для голографии.
18. Способы получения лазерной нанокерамики.
19. Основные понятия теории волноводов.
20. Метаматериалы и гиперболические материалы.

**Самостоятельная работа** студентов включает в себя:

1. Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.
2. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, на зачёте.

Вопросы для контроля самостоятельной работы

1. Особенности взаимодействия электромагнитных волн с микрообъектами.
2. Уравнения для расчёта фотонных кристаллов.
3. Выбор материалов оптических компонентов лазерных систем.
4. Технологический процесс изготовления активных элементов лазерных систем.
5. Методы оценки параметров лазерных устройств.
6. Микро и нанолазеры.
7. Механизмы формирования эпитаксиальных пленок.
8. Технология пробоподготовки материалов.
9. Эффект Доплера, сдвиг и уширение линий.
10. Эффекты Физо и Саньяка.
11. Волоконно-оптические гироскопы.
12. Методы фазовой коррекции волнового фронта.
13. Особенности гиперболических материалов.
14. Технологии в области защитных голограмм.

15. Голографическая память.
16. Оптические системы искусственного интеллекта.
17. Сверхскоростные способы передачи и обработки информации.
18. Системы на основе наноразмерных и фотонно-кристаллических структур.
19. Системы оптических и квантовых вычислений и оптические компьютеры.
20. Интеграция механических, оптических и электронных компонентов на микроуровне.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература:**

1. Аракелян С.М. 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. Аракелян, А. О. Кучерик, В. Г. Прокошев, В. Г. Рау, А. Г. Сергеев - преподаватели ВлГУ .— ISBN 978-5-98704-812-2.

2. Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанопотоники [Электронный ресурс]/ А.Ю. Авдеева [и др.]— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013.— 368 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/32823>. — ЭБС «IPRbooks». — ISBN 978-5-7692-1310-6.

3. Орликов Л.Н. Технология приборов оптической электроники и фотоники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Орликов Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 87 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13992>. — ЭБС «IPRbooks». ISSN 2227-8397.

### **б) дополнительная литература:**

1. Физико-технические основы микро- и наноприборов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ — Электрон. текстовые данные.— Самара: РЕАВИЗ, 2010.— 60 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10148>. — ЭБС «IPRbooks». ISSN 2227-8397

2. Шандаров С.М. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шандаров С.М., Башкирова А.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 98 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13922>. — ЭБС «IPRbooks». ISSN 2227-8397.

3. Орликов Л.Н. Основы технологии оптических материалов и изделий. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Орликов Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 88 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13959>. — ЭБС «IPRbooks». ISSN 2227-8397.

4. Орликов Л.Н. Основы технологии оптических материалов и изделий. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Орликов Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 99 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13960>. — ЭБС «IPRbooks». ISSN 2227-8397.

### **в) периодические издания:**

1. Журнал «Квантовая электроника». ISSN:1063-7818. Архив номеров. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/qe/archive>.

2. Журнал «Фотоника», ISSN: 1993-7296. Архив номеров. Режим доступа: <http://www.photonics.su>.



3. Журнал «Прикладная фотоника», ISSN:2411-4375. Архив номеров. Режим доступа: <http://applied.photonics.pstu.ru/archives>.

4. Журнал «Наносистемы: физика, химия, математика». ISSN: 2305-7971. Архив номеров. Режим доступа: <http://nanojournal.ifmo.ru/articles>.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

Аудитории для проведения лабораторных занятий оснащены установками для выполнения лабораторных работ:

№ 3.1 Изучение конструкции и геометрии полупроводниковых гетероструктур

№ 3.2 Исследование параметров лазерных диодов на основе гетероструктур

№ 4.1 Формирование оптических структур в прозрачных материалах

№ 5.1 Лазерно-индуцированное формирование микрооптических элементов

№ 5.2 Модификация показателя преломления в оптическом волокне фемтосекундным лазерным излучением

№ 6.1 Изучение конструкции и геометрии интегрально-оптических элементов

№ 6.2 Изучение технологии сварки оптических волокон

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии.

Рабочую программу составил инженер-исследователь кафедры ФиПМ К.С. Хорьков  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

И. спец. научно-б. ент. ордена ФКП "ГЛП Восток"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 2А от 13.15.10 года

Заведующий кафедрой

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05

Протокол № 2А от 13.10.15 года

Председатель комиссии

С.М. Аракелян

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 16-17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.07.16 года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 17-18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.09.17 года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 2019-2020 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.19 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*Александр С.И.*

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 \_\_\_\_\_