

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
СИСТЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ НАКАЧКИ

(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	5/180	18	18	18	90	Экзамен (36ч)
Итого	5/180	18	18	18	90	Экзамен (36ч)

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Системы лазерной полупроводниковой накачки» является последовательное рассмотрение всех деталей когерентной накачки. Дисциплина должна сформировать у студентов понимание теоретических и экспериментальных основ функционирования мощных лазерных диодов и применения полученных знаний в конструировании соответствующих лазерных систем.

Задачи дисциплины:

- изучение принципов оптической накачки активных сред твердотельных лазеров с подробным рассмотрением когерентной (лазерной) накачки;
- изучение физических принципов функционирования и конструктивных особенностей мощных лазерных диодов, а также сборок таких диодов;
- приобретение знаний и навыков, необходимых для конструирования квантронов твердотельных лазеров;
- изучение основ схемотехники систем электропитания ЛД, линеек и матриц ЛД;
- приобретение навыков практической работы с мощными ЛД, измерения выходных параметров систем полупроводниковой накачки.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Системы лазерной полупроводниковой накачки» является дисциплиной вариативной части ОПОП.

Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов фундаментальных знаний в области общей физики, оптики, квантовой электроники, лазерной техники, информатики, электроники и микропроцессорной техники.

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-2	частично	Знать: <ul style="list-style-type: none">• методы и средства измерений параметров лазерного излучения;• методы математического моделирования в области профессиональной деятельности;• требования безопасности при проведении экспериментальных исследований лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем; Уметь: <ul style="list-style-type: none">• измерять параметры лазерного излучения;• разрабатывать модели исследуемых процессов и явлений в области профессиональной деятельности;• участвовать в теоретических и экспериментальных исследованиях в области лазерной техники и лазерных технологий; Владеть: <ul style="list-style-type: none">• навыки целенаправленного планирования экспериментов;• проведения математических и физических экспериментов в области профессиональной деятельности и анализа их результатов;• навыки использования средств автоматизации при проведении экспериментальных исследований;
ПК-3	частично	Знать: <ul style="list-style-type: none">• расчётные соотношения и методики расчёта при конструировании излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем; Уметь: <ul style="list-style-type: none">• определять набор необходимых требований и ограничений при конструировании излучающих элементов полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем; Владеть: <ul style="list-style-type: none">• навыки выполнения расчётов для определения необходимых требований к параметрам гетероструктуры и конструкции излучающих элементов

		полупроводниковых лазеров и вспомогательных систем;
ПК-5	частично	Знать: <ul style="list-style-type: none"> основные принципы проектирования лазерных твердотельных систем, в том числе специфику проектирования систем с лазерной диодной накачкой; Уметь: <ul style="list-style-type: none"> выполнять расчёт основных параметров элементов твердотельных лазерных систем с лазерной диодной накачкой; Владеть: <ul style="list-style-type: none"> навыки проектирования элементов твердотельных лазерных систем с лазерной диодной накачкой;

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 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	Принципы функционирования и устройство полупроводниковых лазерных излучателей	3	1-6	6	8	4	24	9/50	1-й рейтинг контроль
2	Схемы полупроводниковой накачки	3	7-12	8	6	10	34	11/45,8	2-й рейтинг контроль
3	Управление и контроль параметров полупроводниковых лазерных излучателей	3	13-18	4	4	4	32	7/58,3	3-й рейтинг контроль
Итого по дисциплине		3	18	18	18	18	90	27/50	Экзамен (36ч.)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

1. Раздел 1. Принципы функционирования и устройство полупроводниковых лазерных излучателей.

1. Оптическая накачка – основной тип накачки твердотельных лазерных сред:

1. Введение, задачи курса и его место в ряду других дисциплин.

2. Понятие некогерентной (ламповой) и когерентной (лазерными диодами) накачки.

3. Физические принципы конструирования систем накачки твердотельных лазеров (квантронов).

4. Сравнительные характеристики рассматриваемых типов накачки. Преимущества и недостатки. Области применения.

2. Физические основы функционирования полупроводниковых лазеров:

1. Электронные характеристики лазерных p-n переходов.

2. Лазеры на гомо- и гетеропереходах.

3. Гетероструктуры – основной тип лазерных диодов. Квантоворазмерные ЛД.

4. Пороговый ток и его связь с параметрами гетероструктуры.

3. Конструкции мощных лазерных диодов:

1. Рассмотрение типичной гетероструктуры мощного ЛД.

2. Назначение элементов гетероструктуры.

3. Способы повышения удельных параметров ЛД за счёт совершенствования гетероструктуры.

4. Основные системы полупроводников, применяемых при производстве мощных ЛД. Основные диапазоны длин волн, освоенные к настоящему времени. Задачи и перспективы.

- 4 Многоэлементные полупроводниковые излучатели – линейки и матрицы ЛД:
1. Агрегатирование отдельных ЛД в многоэлементные излучающие (линейки и матрицы) структуры – единственно возможный способ наращивания выходной мощности.
 2. Технологические приёмы выполнения многоэлементных излучателей.
 3. Сборки с выводом излучения в свободное пространство и в оптическое волокно.

Раздел 2. Схемы полупроводниковой накачки.

5 Торцевая и поперечная типы накачки твердотельных активных элементов:

1. Согласование объёмов накачиваемой среды с объёмом моды при продольной накачке.
2. Проблема неоднородности распределения накачки по длине активного элемента и возможные способы её преодоления (АЭ из лазерной керамики). (для продольной схемы).
3. Проблема неоднородности распределения накачки по поперечному сечению активного элемента и методы улучшения ситуации (для поперечной схемы).

6 Продольная (торцевая) схема накачки:

1. Торцевая накачка – основной способ накачки маломощных лазеров.
2. Лазерная «указка» - типичный пример чип-лазера (твердотельный лазер с торцевой накачкой и преобразованием излучения во II гармонику).
3. Реализация импульсно-периодического режима в лазерах с торцевой накачкой.
4. Примеры конструкций лазеров, реализующих продольную накачку.

7 Поперечная (торцевая) схема накачки:

1. Переход к поперечной накачке – эффективный способ повышения мощности / энергии излучения твердотельных лазеров.
2. Непрерывный и импульсный режим накачки.
3. Примеры конструкций квантронов, реализующих поперечную накачку.
4. Накачка активных элементов нетрадиционной формы (тонкий слэб, диск).

Раздел 3. Управление и контроль параметров полупроводниковых лазерных излучателей.

8 Схемотехника источников электропитания (драйверов) мощных ЛД и сборок ЛД:

1. ЛД как нагрузка источника питания. Необходимость питания ЛД от источника тока.
2. Общая схема линейного токового драйвера. Реализация схемы драйвера на операционном усилителе.
3. Методы и подходы построения мощных драйверов сборок ЛД. ШИМ-регулирование – основной приём управления током излучателя с высоким КПД.

9 Измерение параметров мощных ЛД и сборок ЛД:

1. Измерение выходной мощности.
2. Измерение спектральных характеристик излучения полупроводниковых лазерных излучателей.
3. Расходимость излучения мощных ЛД. Особенности угловых характеристик излучения таких лазеров.

Содержание практических занятий по дисциплине

1. Изучение конструкции лазерного диодного чипа.
2. Изучение конструкции лазерной матрицы лазерных диодов

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

1. Измерение спектральных характеристик матриц ЛД на установке SCLD-10-IR.
2. Измерение электрофизических характеристик матриц ЛД на установке IELD-8.
3. Прецизионная настройка спектра ЛД на максимум поглощения активной среды.
4. Изучение генерации Nd³⁺:YAG чип-лазера с торцевой накачкой.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Менеджмент качества в лазерной технике и лазерных технологиях» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема №1-3);*
- *Групповая дискуссия (тема №1-3);*
- *Разбор конкретных ситуаций (тема №1-3).*

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

Текущий контроль успеваемости:

Рейтинг-контроль № 1

1. Некогерентная и когерентная накачка.
2. Физические принципы конструирования квантронов.
3. Общие принципы функционирования накачки твердотельных лазерных активных элементов.
4. Сравнительные характеристики различных типов лазерной накачки.
5. Области применения различных типов лазерной накачки.
6. Электронные характеристики лазерных р-п переходов.
7. Лазеры на гомо- и гетеропереходах.
8. Гетероструктуры.
9. Квантоворазмерные лазерные диоды.
10. Пороговый ток и его связь с параметрами гетероструктуры.
11. Типичная гетероструктура мощного лазерного диода.
12. Назначение элементов гетероструктуры мощного лазерного диода.
13. Основные системы полупроводников, применяемых при производстве мощных лазерных диодов.
14. Задачи и перспективы области производства мощных лазерных диодов.
15. Агрегатирование лазерных диодов.
16. Технологические приёмы выполнения многоэлементных полупроводниковых излучателей.
17. Сборки полупроводниковых лазерных диодов с выводом излучения в свободное пространство и в волокно.

Рейтинг-контроль № 2

1. Согласование объёмов активной среды с объёмом моды при продольной накачке.
2. Распределение накачки по длине активного элемента.
3. Способы преодоления неоднородности распределения накачки по длине активного элемента для продольной схемы.
4. Способы улучшения распределения накачки по поперечному сечению активного элемента для поперечной схемы.
5. Торцевая накачка как основной способ накачки маломощных лазеров.
6. Лазерная «указка».
7. Импульсно-периодический режим в лазерах с торцевой накачкой.
8. Конструкции лазеров с продольной накачкой.
9. Улучшение энергетических характеристик излучения твердотельных лазеров с помощью поперечной накачки.
10. Непрерывный и импульсный режимы накачки.
11. Квантроны, реализующие поперечную накачку.
12. Накачка активных элементов нетрадиционной формы.

Рейтинг-контроль № 3

1. Лазерный диод как нагрузка источника питания.
2. Общая схема линейного токового драйвера.
3. Схема токового драйвера на операционном усилителе.
4. Методы и подходы построения мощных драйверов сборок лазерных диодов.
5. ШИМ-регулирование.

6. Измерение выходной мощности мощных лазерных диодов и сборок лазерных диодов.

7. Измерение спектральных характеристик полупроводниковых лазерных излучателей.

8. Расходимость излучения мощных лазерных диодов.

9. Особенности угловых характеристик излучения полупроводниковых лазеров.

Вопросы к самостоятельной работе студента

1. Лазеры на парах щелочных металлов с диодной накачкой.

2. Оптическое возбуждение паров щелочных металлов.

3. Атомные лазеры с оптической накачкой.

4. Физические свойства активных сред на парах щелочных металлов.

5. Спектроскопические свойства активных сред на парах щелочных металлов.

6. Кинетические свойства активных сред на парах щелочных металлов.

7. Лазерные диоды, применяемые для накачки активных сред на парах щелочных металлов.

8. Системы термостатирования полупроводниковых лазеров.

Вопросы к экзамену:

1. Некогерентная и когерентная накачка. Физические принципы конструирования квантронов.

2. Общие принципы функционирования накачки твердотельных лазерных активных элементов. Сравнительные характеристики различных типов лазерной накачки. Области применения различных типов лазерной накачки.

3. Электронные характеристики лазерных p-n переходов. Лазеры на гомо- и гетеропереходах.

4. Гетероструктуры. Квантоворазмерные лазерные диоды. Пороговый ток и его связь с параметрами гетероструктуры.

5. Типичная гетероструктура мощного лазерного диода. Назначение элементов гетероструктуры мощного лазерного диода.

6. Основные системы полупроводников, применяемых при производстве мощных лазерных диодов.

7. Агрегатирование лазерных диодов. Технологические приёмы выполнения многоэлементных полупроводниковых излучателей.

8. Сборки полупроводниковых лазерных диодов с выводом излучения в свободное пространство и в волокно.

9. Согласование объёмов активной среды с объёмом моды при продольной накачке.

10. Распределение накачки по длине активного элемента. Способы преодоления неоднородности распределения накачки по длине активного элемента для продольной схемы.

11. Способы улучшения распределения накачки по поперечному сечению активного элемента для поперечной схемы.

12. Торцевая накачка как основной способ накачки маломощных лазеров.

13. Лазерная «указка».

14. Импульсно-периодический режим в лазерах с торцевой накачкой.

15. Конструкции лазеров с продольной накачкой.

16. Улучшение энергетических характеристик излучения твердотельных лазеров с помощью поперечной накачки.

17. Непрерывный и импульсный режимы накачки.

18. Квантроны, реализующие поперечную накачку.

19. Накачка активных элементов нетрадиционной формы.

20. Лазерный диод как нагрузка источника питания. Общая схема линейного токового драйвера.

21. Схема токового драйвера на операционном усилителе.

22. Методы и подходы построения мощных драйверов сборок лазерных диодов. ШИМ-регулирование.

23. Измерение выходной мощности мощных лазерных диодов и сборок лазерных диодов. Измерение спектральных характеристик полупроводниковых лазерных излучателей.

24. Расходимость излучения мощных лазерных диодов. Особенности угловых характеристик излучения полупроводниковых лазеров.

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
1	2	3	4
Основная литература*			
Богданов, А.В. Волоконные технологические лазеры и их применение : учебное пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 236 с. — ISBN 978-5-8114-2027-8.	2018		https://e.lanbook.com/book/101825
Борейшо, А.С. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие / А.С. Борейшо, С.В. Ивакин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2088-9.	2017		https://e.lanbook.com/book/93585
Соснин, Э. А. Методология эксперимента : учеб. пособие / Э.А. Соснин, Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 162 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа http://znanium.com]. — (Высшее образование: Магистратура). — ISBN 978-5-16-107890-7.	2019		https://znanium.com/catalog/product/978087
Дополнительная литература			
окин, В.Г. Когерентные оптические сети : учебное пособие / В.Г. Фокин. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-2105-3.	2016		https://e.lanbook.com/book/75523
Смирнов, Ю.А. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1378-2.	2013		https://e.lanbook.com/book/76223
Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники : учеб. пособие / Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — ISBN 978-5-16-105864-0.	2018		https://znanium.com/catalog/product/942818

7.2. Периодические издания

1. Журнал «Фотоника» – <http://www.photonics.su>
2. Журнал «Письма в журнал технической физики» – <https://journals.ioffe.ru/journals>
3. Журнал «Физика и техника полупроводников» – <https://journals.ioffe.ru/journals/2>

7.3. Интернет-ресурсы

1. <https://elibrary.ru> – электронная библиотека научных публикаций
2. <http://www.electronics.ru> – электронный технический журнал
3. <http://laser-portal.ru> – портал о лазерах и лазерных технологиях

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для полноценного преподавания дисциплины необходим комплект оборудования:

- установка SCLD-10-IR предназначена для измерения спектральных характеристик линеек лазерных диодов и матриц лазерных диодов;
- установка IELD-8 для измерения электрических и оптических параметров лазерных линеек;

- драйвер полупроводникового лазера LLD-9;
 - лазер твердотельный волоконный ЛС-02;
 - плита оптическая ИТЮ-20-20;
- кафедральные мультимедийные средства.

Стандартно оборудованные лекционные аудитории, или оборудованные для проведения интерактивных лекций: компьютер, видеопроектор, экран настенный, доска для маркера, флипчарт, выход в интернет.

Рабочую программу составил Антипов А.А. _____
(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя)
Ген. Директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В. _____
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛСиК
Протокол № 1 от 30.08.2019 года
Заведующий кафедрой _____
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»
Протокол № 1 от 02.09.2019 года
Председатель комиссии _____
(ФИО, подпись)

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. Франкелев

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 _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

НАИМЕНОВАНИЕ

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность:
наименование (указать уровень подготовки)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО