

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

« 03 » 09

20 18 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы лазерной полупроводниковой накачки»

Направление подготовки 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Программа подготовки «Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы»

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ций, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	4/144	-	20	30	67	экзамен (27)
Итого	4/144	-	20	30	67	экзамен (27)

Владимир, 2018 г.

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.

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина “Системы лазерной полупроводниковой накачки” является дисциплиной по выбору 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.

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при написании выпускной квалификационной работы.

2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции:

способностью разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы (ПК-4);

способностью проектировать твердотельные лазерные системы (элементы таких систем) с лазерной диодной накачкой (ДПК-1);

способностью организовать проведение расчетов для определения необходимых требований к параметрам гетероструктуры и конструкции излучающего элемента полупроводникового лазера (ДПК-9);

способностью организовать разработку исходных данных для оформления конструкторской документации на новую модель полупроводникового лазера (ДПК-10).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) **Знать:** принципы проектирования и конструирования узлов, блоков, приборов и систем оптотехники, использующих лазерную полупроводниковую накачку (ПК-4, ДПК-1);

2) **Уметь:** рассчитывать параметры гетероструктур и конструкций излучающего элемента полупроводникового лазера (ДПК-9); разрабатывать технические задания на проектирование приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией использования лазерной полупроводниковой накачки (ДПК-10);

3) **Владеть:** навыками по организации работ по совершенствованию, модернизации, унификации приборов и систем оптоэлектроники, использующих лазерную полупроводниковую накачку, а также их элементов (ДПК-1, 9, 10).

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (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	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР	
1.	Принципы функционирования и устройство полупроводниковых лазерных излучателей	4	1-4			8	8			22		8/50	Рейтинг-контроль №1
2.	Схемы полупроводниковой накачки	4	5-8			8	14			24		12/54	Рейтинг-контроль №2
3.	Управление и контроль параметров полупроводниковых лазерных излучателей	4	9-10			4	8			21		7/58	Рейтинг-контроль №3
Итого		4	10			20	30			67		27/54	Экзамен, 27

Теоретический курс

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 сброк ЛД:

1. Измерение выходной мощности.

2. Измерение спектральных характеристик излучения полупроводниковых лазерных излучателей.

3. Расходимость излучения мощных ЛД. Особенности угловых характеристик излучения таких лазеров.

Лабораторные занятия

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.

4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

- самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы и лабораторных работ. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и методическим указаниям для самостоятельной работы.

- некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора.

- планируются лекции приглашенных специалистов.

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

Экзаменационные вопросы и задачи

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.

Вопросы рейтинг-контроля

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 p-n 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.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

– Варданян В.А. Исследование нелинейных характеристик полупроводниковых лазерных диодов [Электронный ресурс]: практикум/ Варданян В.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2013.— 27 с.— <http://www.iprbookshop.ru/40532>

– Материаловедение и технологии электроники: Учебное пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.: 60x90 1/16. - ISBN 978-5-16-008966-9 <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=416461>

– Лаппи Ф.Э. Анализ простых электронных цепей. От электротехники к электронике. Схемы с диодами и транзисторами [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лаппи Ф.Э.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 144 с.— <http://www.iprbookshop.ru/45360>

Дополнительная литература:

- Электронное издание на основе: Волоконные технологические лазеры : учеб. пособие / Ю. В. Голубенко, А. В. Богданов, Ю. В. Иванов, Р. С. Третьяков. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 50, [2] с.: ил.
http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0153.html

- Основы квантовой электроники: учебное пособие / Иванов И. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2011. - 174 с. ISBN 978-5-9275-0873-0
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556192>

- Реутов А.Т. Физика лазеров. Часть 2. Основы теории лазеров [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Реутов А.Т.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский университет дружбы народов, 2011.— 96 с.— Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/11534>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. <http://intechlaser.ru/diodnaya-sborka-visokoy-plotnosti/>
2. <http://intechlaser.ru/moschnye-diodnye-sborki-stabilizirovannye-dline-volny/>.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- 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.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии и программе подготовки "Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы"

Рабочую программу составил зав.баз.кафедры ЛСиК А.А. Антипов
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Тажков М.А. зам. кат. НИШКО-1
(место работы, должность, ФИО, подпись)

ФКП "ГЛП Радуга"

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛСиК

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Антипов А.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии и программе подготовки "Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы"

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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 _____