

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Лазерная техника и лазерные технологии |
| Уровень высшего образования | Бакалавриат |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | И Информационных и управляющих систем |
| Выпускающая кафедра | И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 4 | 7 | 3 | 108 | 51 | 17 | 17 | 17 | 57 | 0 | 0 | 57 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Киселев Игорь Алексеевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

| |
|---|
| ПСК-1.1 — способность к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем |
| ПСК-1.3 — способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях |

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

на уровне представлений:

- физических принципов действия твердотельных лазеров (ТТЛ) и организации рабочих процессов в них;

- процессов излучения и поглощения в 2,3,4-уровневой схеме;

- принципов функционирования твердотельных лазеров с ламповой и диодной накачкой;

на уровне воспроизведения:

- скоростных уравнений населенности энергетических уровней для 2,3,4-уровневой схемы;

- методик оценки насыщенного коэффициента поглощения;

- особенностей режимов генерации в 3 и 4-уровневых схемах;

- теории активной и пассивной модуляции добротности;

умения:

работать с мощным лазером с накачкой мощными матрицами лазерных диодов;

проводить измерения мощности генерации, энергии в импульсе генерации, формы импульса генерации, спектра генерации, распределения интенсивности в поперечном сечении пучка генерации;

юстировать лазерную систему с различными типами резонаторов;

навыки:

работы с твердотельными лазерами с диодной и ламповой накачкой.

ПСК-1.3

знания:

на уровне воспроизведения:

- методик оценки насыщенного коэффициента поглощения;

- особенностей режимов генерации в 3 и 4-уровневых схемах;

- теории активной и пассивной модуляции добротности;

на уровне понимания:

- принципов создания твердотельных лазеров (ТТЛ) с ламповой и диодной накачкой;

- основ проектирования ТТЛ;

умения:

выполнять расчет характеристик ТТЛ, таких как мощность накачки, мощность излучения, коэффициент усиления среды;

навыки:

пользования типовыми программными продуктами для решения проектных и научных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, ОСНОВЫ ОПТИКИ, ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений
- ПСК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем
- ПСК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схематехническом и элементном уровнях
- ПСК-1.5 — Способен проводить численные оценки параметров лазерного излучения и процессов взаимодействия лазерного излучения со средами
- УК-6 — Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | |
|---------------------|---------|---|-------|--|--------|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Лабораторный практикум | Практические занятия | | ПСК-1.1 | ПСК-1.3 |
| | | | | | | | | | | |
| 4 | 7 | Раздел 1. Принцип работы лазера. 1.1. Классификация твердотельных лазеров по типу кристалла, агрегатному состоянию рабочей среды, типу накачки. 1.2. Спонтанное и вынужденное излучение, поглощение. 1.3. Принцип работы лазера. | 16 | 6 | 2 | 4 | 0 | 10 | 25 | 25 |
| 4 | 7 | Раздел 2. Скоростные уравнения. 2.1 Насыщение поглощения: однородно уширенная линия. Интенсивность насыщения. Насыщенный коэффициент поглощения; 2.2 2-х уровневая схема: стационарный и импульсный режим 2.3 3-хуровневая схема. Предельные случаи 2.4 4-х уровневая схема 2.5 3-хуровневая схема: тонкий насыщающийся поглотитель. Время отклика. Динамика работы при прямоугольном импульсе 2.6 3-хуровневая схема: толстый насыщающийся поглотитель. Стационарный режим. Зависимость пропускания от интенсивности облучения. | 28 | 18 | 6 | 4 | 8 | 10 | 25 | 25 |
| 4 | 7 | Раздел 3. Условия генерации. 3.1 Инверсия населенностей. Условия генерации. Сравнение схем: 2-х уровневая схема, 3-х уровневая схема, 4-х уровневая схема 3.2 Насыщение усиления: однородно уширенная линия. 4-х уровневая схема. 3.3 Интенсивность насыщения. Насыщенный коэффициент усиления. Стационарный и импульсный режим. | 18 | 8 | 4 | 2 | 2 | 10 | 25 | 10 |
| 4 | 7 | Раздел 4. Режимы работы твердотельных лазеров. 4.1 4-х уровневая схема. Зависимость населенности верхнего лазерного уровня от времени накачки и его максимальной населенности от уровня накачки 4.2. Скоростные уравнения. Непрерывный режим работы лазера. 4-х уровневая схема. 4.3 Непрерывный режим работы лазера. 4-х уровневая схема. Пороговые условия. Качественная зависимость инверсии и полного числа фотонов в рез-ре от скорости накачки. Выходная мощность 4.4 Оптимальная связь на выходе лазера 4.5 Теория активной модуляции добротности. Длительность импульса. 4.6 Лазерное усиление. Режим линейного усиления. Режим глубокого насыщения. Наличие потерь. | 46 | 19 | 5 | 7 | 7 | 27 | 25 | 40 |
| Всего за 7 семестр | | | 108 | 51 | 17 | 17 | 17 | 57 | 100 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 17 | 17 | 17 | 57 | 100 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|--------------------|--|--------------------------------------|----------------------|
| 1 | Раздел 2. Скоростные уравнения. | Скоростные уравнения. | 8 |
| 2 | Раздел 3. Условия генерации. | Условия генерации. | 2 |
| 3 | Раздел 4. Режимы работы твердотельных лазеров. | Режимы работы твердотельных лазеров. | 3 |
| 4 | | Коллоквиум. | 4 |
| Всего за 7 семестр | | | 17 |

3.3. Лабораторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема лабораторного практикума | Объем, ауд. часов |
|-------|--|--|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Принцип работы лазера. | Измерение параметров люминесценции активных сре | 4 |
| 2 | Раздел 2. Скоростные уравнения. | Измерение насыщения поглощения пассивного затвора | 4 |
| 3 | Раздел 3. Условия генерации. | Сбор и юстировка импульсного твердотельного лазера с резонатором Фабри-Перо | 2 |
| 4 | Раздел 4. Режимы работы твердотельных лазеров. | Нахождение оптимального коэффициента пропускания полупрозрачного зеркала в резонаторе Фабри-Перо | 2 |
| 5 | | Юстировка лазера с петлевой схемой резонатора, реализующей явление ОВФ | 2 |

| | | |
|---------------------------|---|-----------|
| 6 | Определение коэффициента усиления твердотельного лазера | 3 |
| Всего за 7 семестр | | 17 |

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|--------------------|---|--|-----------------|
| 1 | Раздел 1. Принцип работы лазера. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | 5 |
| 2 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение параметров люминесценции активных сред». | 5 |
| 3 | Раздел 2. Скоростные уравнения. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | 5 |
| 4 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение насыщения поглощения пассивного затвора». | 5 |
| 5 | Раздел 3. Условия генерации. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | 5 |
| 6 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Сбор и юстировка импульсного твердотельного лазера с резонатором Фабри-Перо». | 5 |
| 7 | Раздел 4. Режимы работы твердотельных лазеров. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | 5 |
| 8 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Нахождение оптимального коэффициента пропускания полупрозрачного зеркала в резонаторе Фабри-Перо». | 5 |
| 9 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Юстировка лазера с петлевой схемой резонатора, реализующей явление ОВФ». | 5 |
| 10 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Определение коэффициента усиления. Твердотельный лазер». | 5 |
| 11 | | Подготовка к коллоквиуму. | 7 |
| Всего за 7 семестр | | | 57 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|---|-------------------|---|-----|----|---|-----|-------------------|----|-----|-------------------|----|-------------------|----|----|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 7 | | | Отч. по ЛР, ЛР | | ИПЗ | ДР | | ИПЗ | ЛР, Отч. по ЛР | ДР | ИПЗ | ЛР, Отч. по ЛР | | ЛР, Отч. по ЛР | | ДР | Колл, диф. зач |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- ЛР – лабораторная работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Колл – коллоквиум;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;

- лабораторная работа;
- индивидуальное практическое задание;
- коллоквиум.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. W. Koechner. . Solid-State Laser Engineering. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , эл. рес.
2. А. С. Борейшо. . Лазеры: устройство и действие. СПб.: Лань, 2021, эл. рес.
3. В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптика мощных лазеров. Ч. 2 Оптическое качество активных сред. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, эл. рес.
4. В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптика мощных лазеров. Ч. 2 Оптическое качество активных сред. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 61 экз.
5. Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
6. О. Звелто. . Принципы лазеров. СПб.: Лань, 2008, 29 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 2 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://www.urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Microsoft Office.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Компьютерный комплект;
3. Microsoft Office.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Лазер твердотельный, Nd:YAG;
2. Спектрометр Avantes Avaspec 2048;
3. Осциллограф цифровой АКИП–4116/2;
4. Измеритель мощности Ophir Vega с измерительными головками;
5. Лазер юстировочный ЛГН.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ"* им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 способность к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПСК-1.3 способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основами проектирования твердотельных лазеров и организацией рабочих процессов в них.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- лабораторная работа;
- индивидуальное практическое задание;
- коллоквиум.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|--|--|--------------------|
| Раздел 1. Принцип работы лазера. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (10, п.3) А. С. Борейшо. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2021 (6) | 5 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение параметров люминесценции активных сред». | О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (9) W. Koechner. . Solid-State Laser Engineering: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (2) | 5 |
| Итого по разделу 1 | | 10 |
| Раздел 2. Скоростные уравнения. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | А. С. Борейшо. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2021 (1, 6) Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (3, 4) | 5 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение насыщения поглощения пассивного затвора». | Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (4, 10 (п.3)) О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (2, 3, 8) | 5 |
| Итого по разделу 2 | | 10 |
| Раздел 3. Условия генерации. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | А. С. Борейшо. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2021 (6, 8) О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (3) Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (2,3) | 5 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Сбор и юстировка импульсного твердотельного лазера с резонатором Фабри-Перо». | Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (4, 10) В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптика мощных лазеров. Ч. 2 Оптическое качество активных сред: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (2) | 5 |
| Итого по разделу 3 | | 10 |
| Раздел 4. Режимы работы твердотельных лазеров. | | |
| Изучение предусмотренных программой | О. Звелто. . Принципы лазеров: СПб.: Лань, 2008 (3) | 5 |

| | | |
|--|--|----|
| дидактических единиц по конспектам лекций, материалам практических занятий и рекомендуемой литературе. | Лань, 2008 (6, 7) А. С. Бореjšо. . Лазеры: устройство и действие: СПб.: Лань, 2021 (6) | |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Нахождение оптимального коэффициента пропускания полупрозрачного зеркала в резонаторе Фабри-Перо». | Н. В. Карлов. . Лекции по квантовой электронике: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (5, 6) Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (10 (п.10.3)) | 5 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Юстировка лазера с петлевой схемой резонатора, реализующей явление ОВФ». | В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов, С. Ю. Страхов. Оптика мощных лазеров. Ч. 2 Оптическое качество активных сред: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (5, 6) | 5 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Определение коэффициента усиления. Твердотельный лазер». | | 5 |
| Подготовка к коллоквиуму. | | 7 |
| Итого по разделу 4 | | 27 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- отчет по ЛР;
- лабораторная работа;
- индивидуальное практическое задание;
- коллоквиум;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатной или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание на лабораторную работу содержит набор параметров в соответствии с индивидуальным или групповым вариантом.

Критерии оценивания:

Лабораторная работа считается выполненной успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов, предусмотренных заданием;
- правильное построение и оформление в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД графиков для всех получаемых в ходе выполнения задания характеристик;
- успешная защита лабораторной работы.

Лабораторная работа

Допуск к ЛР:

- допуск к выполнению первых двух ЛР не предусмотрен.
- для допуска к выполнению третьей и последующих ЛР необходима защита одной из выполненных ранее работ и выполнение домашнего задания.

Защита ЛР:

Защита ЛР предусматривает обсуждение порядка решения, предусмотренных ее тематикой задач, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

Индивидуальное практическое задание

Решения заданий на практическом занятии представляются в печатной или рукописной форме. Каждое задание содержит 5 задач.

Критерии оценивания:

правильное решение более 3 задач – работа зачтена;

Основаниями для продолжения работы являются:

- небрежное выполнение
- неверное решение не менее чем 3 задач.

Коллоквиум

Контрольные вопросы к коллоквиуму представлены в УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета. Зачет по дисциплине оформляется при следующих условиях:

- успешное выполнение индивидуальных заданий к лабораторным работам и представление отчетных материалов;
- защита всех лабораторных работ;
- успешные ответы на контрольные вопросы на итоговом коллоквиуме.

Оценка «зачтено – отлично» ставится при выполнении всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой и уверенном ответе на вопросы коллоквиума с обращением к конспекту для пояснения своих ответов, при этом студент демонстрирует понимание основополагающих физических принципов и зависимостей.

Оценка «зачтено – хорошо» ставится при выполнении всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой, при этом для ответа на вопросы студенту требуются дополнительные наводящие вопросы или подсказки преподавателя;

Оценка «зачтено – удовлетворительно» ставится при выполнении всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой, при этом ответы на вопросы коллоквиума даются выборочно, неточно, неуверенно, не в полной мере. Студент демонстрирует выборочное или ограниченное понимание основополагающих физических принципов и зависимостей.

Оценка «не зачтено» ставится при невыполнении одного или нескольких контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой. При сдаче итогового коллоквиума студент демонстрирует непонимание основополагающих физических принципов и зависимостей в рамках разных разделов дисциплины, не способен эффективно воспользоваться конспектом для ответа на вопросы коллоквиума или наводящие вопросы преподавателя.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|---------|---|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Лабораторный практикум | Практические занятия | | ПСК-1.1 | ПСК-1.3 | |
| | | | | | | | | | | | |
| 4 | 7 | Раздел 1. Принцип работы лазера. | 16 | 6 | 2 | 4 | 0 | 10 | 25 | 25 | Лабораторная работа, Отчет по ЛР |
| 4 | 7 | Раздел 2. Скоростные уравнения. | 28 | 18 | 6 | 4 | 8 | 10 | 25 | 25 | Индивидуальное практическое задание, Лабораторная работа, Отчет по ЛР |
| 4 | 7 | Раздел 3. Условия генерации. | 18 | 8 | 4 | 2 | 2 | 10 | 25 | 10 | Индивидуальное практическое задание, Лабораторная работа, Отчет по ЛР |
| 4 | 7 | Раздел 4. Режимы работы твердотельных лазеров. | 46 | 19 | 5 | 7 | 7 | 27 | 25 | 40 | Индивидуальное практическое задание, Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Коллоквиум |
| Всего за 7 семестр | | | 108 | 51 | 17 | 17 | 17 | 57 | 100 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 17 | 17 | 17 | 57 | 100 | 100 | |

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Может ли пиковая оптическая мощность твердотельного лазера превышать мощность потребления энергии из электрической розетки?
- № 2 Может ли яркость лазера мощностью 5 мВт превысить яркость Солнца?
- № 3 Почему качество пучка мощных волоконных лазеров хуже, чем у маломощных?
- № 4 Что необходимо для получения лазерного излучения с узкой спектральной шириной?
- № 5 Можно ли излучение сфокусировать в точку бесконечно малых размеров?
- № 6 Почему рекордно короткие импульсы получаются на титан-сапфировых лазерах?
- № 7 Возможна ли генерация импульсов короче 1 фемтосекунды в ИК диапазоне?
- № 8 Какая твердотельная лазерная среда позволяет получить самые короткие лазерные импульсы?
- № 9 В медицине для удаления татуировок часто используются александритовые лазеры. Почему?
- № 10 Почему в волоконно-оптических гироскопах используется излучение 1.5 мкм?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какое явление обеспечивает лазерную генерацию?

Варианты ответа:

1. Явление стимулированного излучения
2. Явление нелинейного поглощения света
3. Явление спонтанного излучения света
4. Явление поглощения света

- № 2 От чего зависит в первую очередь длина волны излучения лазера?

Варианты ответа:

1. От длины активной среды
2. От ширины энергетического перехода в лазерном кристалле
3. От толщины лазерного кристалла
4. От количества продольных мод резонатора

- № 3 Какой из перечисленных лазеров обладает наибольшей энергоэффективностью?

Варианты ответа:

1. Эрбиевый 1.5 микрон
2. Неодимовый 1.06 микрон
3. Титан-сапфировый 0.8 микрон
4. Иттербиевый 1.03 микрон

- № 4 На каких длинах волн возможна генерация лазерного излучения в твердотельном лазере?

Варианты ответа:

1. На тех, которые лежат внутри полосы усиления
2. На тех, которые лежат внутри полосы поглощения активной среды
3. На любых, которые соответствуют условию стоячей волны в резонаторе
4. На тех, которые лежат внутри полосы усиления и поддерживаются модами резонатора

- № 5 Зачем в оптоволокне всегда делают сердцевину?

Варианты ответа:

1. Сердцевина нужна для повышения прочности волокна. Она делается из особо прочного материала
2. Сердцевина оптоволокна прозрачна, а оболочка сделана из непрозрачного стекла. Свет идет по сердцевине
3. За счет разницы коэффициентов преломления свет удерживается в сердцевине волокна. А на поверхности много грязи, свет бы затух.
4. Сердцевина нужна, чтобы по ней шел свет. Оболочка делается из полимера, в нем большое затухание.

№ 6 В каком диапазоне поглощение кварцевого стекла минимально?

Варианты ответа:

1. 400 - 500 нм
2. 800-900 нм
3. 1250-1350 нм
4. 1400-1500 нм

№ 7 Почему в активных волокнах используются 2 оболочки?

Варианты ответа:

1. Для прочности
2. Для обеспечения гибкости, ведь волокно необходимо свернуть в катушку с малым радиусом
3. По внутренней оболочке идет свет накачки
4. По внешней оболочке идет свет накачки

№ 8 Что характеризует параметр M2?

Варианты ответа:

1. Расходимость лазерного пучка
2. Степень отклонения качества пучка от гауссового пучка
3. Площадь сечения лазерного пучка
4. Квадрат мощности лазерного пучка

№ 9 Излучение лазера с одной продольной модой

Варианты ответа:

1. Мало расходится
2. Имеет узкий спектр
3. Имеет параметр M2 равным единице
4. Имеет всегда гауссов профиль в поперечном сечении

№ 10 Какой индекс имеет поперечная мода лазера, которая обладает наименьшей расходимостью?

Варианты ответа:

1. TEM 00
2. TEM 01
3. TEM 10
4. TEM 11

ПСК-1.3

Вопросы открытого типа:

- № 1 Можно ли наблюдать эффект стимулированного излучения без лазерного резонатора?
- № 2 Почему дисковые лазеры часто используются для обработки материалов?
- № 3 Почему пиковая мощность излучения твердотельных лазеров выше, чем у волоконных?
- № 4 Определить диаметр фокального пятна (по уровню 50% энергии) лазерного

технологического комплекса на базе непрерывного неодимового лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 150 Вт;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 2;
- параметр оптического качества $M2=2$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 10 мм;
- фокусное расстояние 0,5 м

№ 5 Определить среднюю интенсивность излучения в фокальном пятне (по уровню 50% энергии) лазерного технологического комплекса на базе непрерывного неодимового лазера при следующих исходных данных:

- мощность лазерного излучения составляет 200 Вт;
- форма излучающей апертуры – кольцевая;
- коэффициент увеличения используемого в лазере неустойчивого резонатора 3;
- параметр оптического качества $M2=2$;
- диаметр апертуры луча на выходе из объектива 15 мм;

- фокусное расстояние 0,7 м

№ 6 Вычислить, сколько процентов энергии излучения будет теряться в волокне, если затухание составляет 1.2 дБ/км, а длина волокна 2.5 км.

№ 7 Почему излучение с длиной волны 1 микрон намного опаснее, чем излучение 1.5 микрон?

№ 8 Плотность энергии фемтосекундного лазерного импульса превышает порог разрушения активного элемента. Как же обычно удается получить такие импульсы?

№ 9 Почему для эффективной лазерной генерации используется 4-уровневая схема?

№ 10 Что такое активная среда лазера?

Вопросы закрытого типа:

№ 1 За счет чего обеспечивается малый квантовый дефект иттербиевых лазеров?

Варианты ответа:

1. За счет высокого качества изготовления стекла
2. За счет эффективного теплоотвода в иттербиевых стеклах
3. За счет квази-четырёхуровневой схемы генерации
4. За счет четырёхуровневой схемы генерации

№ 2 Что такое "числовая апертура оптоволокна"?

Варианты ответа:

1. Синус максимального входного угла
2. Диаметр сердцевины оптоволокна
3. Диаметр оболочки оптоволокна
4. Отношение диаметра сердцевины к диаметру оболочки оптоволокна

№ 3 В чем измеряется энергия импульсов лазера?

Варианты ответа:

1. В ваттах
2. В ваттах на единицу площади
3. В джоулях

4. В джоулях в секунду

№ 4 Чем задается поляризация лазерного излучения?

Варианты ответа:

1. Поляризацией накачки
2. Наличием в резонаторе элементов, задающих поляризацию
3. Направлением накачки относительно вертикали
4. Направлением магнитного поля Земли

№ 5 Как достигается импульсный режим работы наносекундных неодимовых лазеров?

Варианты ответа:

1. С помощью техники модуляции добротности (Q-switch)
2. С помощью техники синхронизации мод (mode-lock)
3. Импульсной накачкой
4. Механическим затвором

№ 6 В чем преимущество импульсных лазеров при резке материалов?

Варианты ответа:

1. У них выше мощность
2. Они более энергоэффективны
3. Они дешевле
4. Они дают лучшее качество разреза

№ 7 Какой прием позволяет получить самые короткие лазерные импульсы

Варианты ответа:

1. mode-locking (самосопряжение мод)
2. active Q-switch (активная модуляция добротности)
3. passive Q-switch (пассивная модуляция добротности)
4. модуляция накачки

№ 8 Какая спектральная область недостижима для кварцевого оптоволокна?

Варианты ответа:

1. 400-500 нм
2. 1000-1100 нм
3. 1900-2000 нм
4. 10 - 11 мкм

№ 9 Сколько фотонов нужно для получения одного фотона с вдвое меньшей длиной волны?

Варианты ответа:

1. 1
2. 2
3. 0.5
4. 4

№ 10 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют поле механических напряжений?

Варианты ответа:

1. Модуль упругости,
2. к-т Пуассона,
3. размеры активного элемента,

4. КПД накачки,
5. мощность генерации,
6. к-т теплопроводности,
7. плотность,
8. предел прочности,
9. ударная вязкость,
10. твердость,
11. к-т нерезонансного поглощения лазерного излучения,
12. к-т нерезонансного поглощения излучения накачки,
13. спектр пропускания,
14. к-т электропроводности,
15. диэлектрическая проницаемость,
16. постоянная решетки