ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ  
  
Протокол № 3  
  
от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ВОЛОКОННЫЕ ЛАЗЕРЫ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | | | | | [1] 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии | | | | | | |
| **Семестр** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | | **Лаборат. работы, час.** | **В форме практической подготовки/ В интерактивном режиме, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 2 | 3 | 72 | 7 | 23 | | 0 | 0 | 42 | 0 | Э(36) |
| Итого | 3 | 72 | 7 | 23 | | 0 | 0 | 42 | 0 |  |

АННОТАЦИЯ

Волоконный лазеры – одно из направление современной лазерной физики, совмещающее в себе достижения современной волоконной оптики, физики твердого тела и нелинейной оптики. Уникальное сочетание ряда свойств из различных научно-технических подходов позволяет создать стабильные и мощные источники лазерного излучения высокого качества.

В курсе рассмотрены основные элементы конструкции современных волоконных лазеров, свойства и виды оптических волокон, способы ввода оптической накачки в активный световод, виды оптической накачки, элементы, образующие обратную связь, методы сборки. Также представлены основные типы режимов генерации, методы управления спектральными характеристиками и временной динамикой. Обсуждаются методы контроля качества лазерного излучения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели курса: изучение составных элементов современных волоконных лазеров (волоконных ответвителей, мультиплексоров, комбайнеров, брегговских решеток), процесса сборки волоконных лазеров. Изучение процессов генерации: от узкополосной непрерывной до генерации ультракоротких импульсов. Рассмотрение физических основ перечисленных процессов.

Задача курса состоит в том, чтобы познакомить студентов с волоконными лазерами, способами их создания и их возможностями. Продемонстрировать физические механизмы, лежащие в основе явлений, происходящих как в самих волоконных лазерах, так и в составляющих элементах. Определить требования к составляющим элементам лазера для реализации требуемых характеристик на выходе.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина представляет собой дисциплину цикла профессиональных дисциплин, вариативной ее части. Она базируется на курсах дисциплин «Интегральная и волоконная оптика» базовой части математического и естественнонаучного цикла, «Физика лазеров», «Физическая оптика» вариативной части математического и естественнонаучного цикла и «Экспериментальные методы лазерной физики» базовой части профессионального цикла дисциплин.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий |

Профессиональные компетенции в соотвествии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Задача профессиональной деятельности (ЗПД)** | **Объект или область знания** | **Код и наименование профессиональной компетенции;** **Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)** | **Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции** |
| проектно-конструкторский | | | |
| проведение фундаментальных научно-исследовательских работ с использованием гибридных лазерных систем фотоники (под гибридными лазерными системами понимаются устройства объединяющие в себе несколько подходов к формированию лазерного излучения, такие как связка полупроводникового лазера и системы волоконных и твердотельных усилителей, что позволяет использовать преимущества каждого блока системы); разработка новых методов в области лазерных технологий и создание приборов и систем на их основе | полупроводниковые, волоконные, твердотельные лазеры и усилители, и другие лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; | ПК-3 [1] - способен 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  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ; У-ПК-3[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные блоки, узлы и элементы приборов и систем лазерной техники; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования приборов и систем лазерной техники ; В-ПК-3[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем лазерной техники. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Индикаторы освоения компетенции** |
|  | *1 Семестр* |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Первый раздел | 1-8 | 4/12/0 |  | 25 | КИ-8 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1 |
| 2 | Второй раздел | 9-16 | 3/11/0 |  | 25 | КИ-16 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1 |
|  | *Итого за 1 Семестр* |  | 7/23/0 |  | 50 |  |  |
|  | **Контрольные мероприятия за 1 Семестр** |  |  |  | 50 | Э | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| КИ | Контроль по итогам |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *1 Семестр* | 4 | 12 | 0 |
| **1-8** | **Первый раздел** | 4 | 12 | 0 |
| 1 | **Введение: предмет волоконные лазеры.** Исторический экскурс; общий обзор волоконных лазеров | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 2 | **Сварка оптических волокон.** Этапы процесса сварки оптических волокон.  Простейшие волоконные устройства | Всего аудиторных часов | | |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 3 | **Основные виды оптических волокон ч. 1** Стандартные волокна  Одномодовые со ступенчатым профилем;  Многомодовые со ступенчатым профилем;  Многомодовые с градиентным профилем;  Нелинейные волокна  Ступенчатый профиль+нелинейный материал;  Фотонный кристалл;  Перетяжка | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 4 | **Основные виды оптических волокон ч. 2** Специальные волокна  Активные волокна  Транспортные волокна  Полые оптические волокна | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 5 | **Спектроскопия волокон, легированных РЗЭ** Измерение спектров пропускания ОВ  Определения типов легирующей примеси  Определение переходов | Всего аудиторных часов | | |
| 0 | 1 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 6 | **Типы накачки активных ОВ. Устройства ввода**  Накачка непосредственно в сердцевину  Накачка во вторую оболочку  Квадрат; D; Многоугольники  «Снаружи» - усиление вытекающего поля из сердцевины (крыльев мод) | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 7-8 | **Исследование полупроводниковых лазерных диодов накачки и устройств ввода** Рассмотрение подключения полупроводниковых лазерных диодов. Исследование спектров излучения и Ватт-амперных характеристик полупроводниковых лазерных диодов.  Исследование спектров пропускания мультиплексоров. | Всего аудиторных часов | | |
| 0 | 1 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| **9-16** | **Второй раздел** | 3 | 11 | 0 |
| 9 | **Реализация обратной связи и вывода излучения** Сплавные волоконные делители  Зеркала: Петлевые, ВБР  Примеры схем. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 10-11 | **Сборка волоконного лазера**  Исследование потерь на устройстве ввода  Исследование суперлюминесцентного волоконного источника  Исследование зеркал  Сборка резонатора | Всего аудиторных часов | | |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 12-13 | **Характеризация лазерного излучения ч 1**  Характеризация лазерного излучения: Непрерывное  Динамика излучения.  Спектральный состав.  Ширина линии. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 14-15 | **Исследование выходных характеристик волоконного лазера** Зависимость спектра генерации и мощности выходного излучения от мощности накачки. Временные характеристики выходного излучения. | Всего аудиторных часов | | |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 16 | **Характеризация лазерного излучения ч 2**  Импульсное  Длительность.  Спектральный состав.  Частотная модуляция.  Характеризация поперечного состава лазерного излучения | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 3 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины предусматривается использование в учебном процессе различных образовательных технологий с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. Аудиторные занятия (30 часов) предполагают применение на лекциях технических средств обучения (ПК и компьютерного проектора). Внеаудиторная работа в рамках самостоятельной работы студентов (18 часов) подразумевает работу над рефератом (обзором), встречи и консультации с преподавателями, экскурсии в учебно-исследовательские лаборатории.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компетенция** | **Индикаторы освоения** | **Аттестационное мероприятие (КП 1)** |
| ПК-3 | З-ПК-3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| У-ПК-3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| В-ПК-3 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| УК-1 | З-УК-1 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| У-УК-1 | Э, КИ-8, КИ-16 |
| В-УК-1 | Э, КИ-8, КИ-16 |

**Шкалы оценки образовательных достижений**

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины |
| 90-100 | 5 – *«отлично»* | А | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89 | 4 – «*хорошо*» | В | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |
| 75-84 | С |
| 70-74 | D |
| 65-69 | 3 – «*удовлетворительно*» | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 60-64 | Е |
| Ниже 60 | 2 – «*неудовлетворительно*» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

Оценочные средства приведены в Приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов А.Б., Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения, 1999
2. Курков А. С. Волоконные лазеры: принципы построения и основные свойства. – 2012.
3. Агравал Г., Нелинейная волоконная оптика, 1996
4. Andrew D., Yablon Optical Fiber Fusion Splicing, 2005
5. Бейли Д., Райт Э., Волоконная оптика: теория и практика, 2008
6. О. Звелто Принципы лазеров Санкт-Петербург: Лань, 2008
7. Digonnet, M.J.F. (Ed.). (2001). Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers, Revised and Expanded (2nd ed.). CRC Press.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. М.А. Ельяшевич, «Спектры редких земель», ГТТИ, М., 1953.
2. М. Адамс, «Введение в теорию оптических волноводов», М.: «Мир», 1984.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть общим либо индивидуальным.

• При использовании индивидуальных заданий возможно по усмотрению преподавателя требовать от студента письменный отчет о проделанной работе. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы применять индивидуальные контрольные вопросы.

• При проверке общих заданий ведутся коллективные обсуждения со студентами.

• Для контроля разделов используются тестовые задания. Балл вычисляется исходя из набранной суммы очков за ответы на вопросы тестового задания, нормированной на максимальный балл раздела.

• В результате освоения данной дисциплины студент должен понимать границы применимости различных теорий, освещающихся в рамках курса, и представлять возможности их использования в реальных условиях, при конкретных практических постановках задач.

• Знания, приобретенные студентом при освоении данной дисциплины, необходимы для успешного обучения по профилю кафедры.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Указания для проведения лекций

• На первой лекции необходимо сделать по возможности наиболее детальный обзор содержания курса, показать актуальность курса и дать перечень рекомендованной литературы.

• При чтении лекций необходимо использовать единую систему обозначений.

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Камынин Владимир Александрович |  |