ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ  
  
Протокол № 3  
  
от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОФОТОНИКИ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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** |
| 1 | 3 | 108 | 16 | 32 | | 0 |  | 24 | 0 | Э |
| Итого | 3 | 108 | 16 | 32 | | 0 | 48 | 24 | 0 |  |

АННОТАЦИЯ

Радиофотоника – область науки, изучающая взаимодействие между электромагнитными полями оптической и СВЧ области частот в различных средах, где физические или структурные свойства материала управляются этим взаимодействием. Важное место в радиофотонике занимает техническая реализация новых методов обработки и анализа СВЧ-сигналов методами и средствами фотоники, а также генерации, приема и управления СВЧ-сигналами. В курсе рассматриваются законы распространения света в волноводах различного типа, источники и приемники света для радиофотонных систем, методы управления световыми волнами в волноводных структурах, а также примеры применения и тенденции развития радиофотонных систем.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели курса: изучение законов распространения света в волноводных структурах, изучение полупроводниковых лазеров и сравнение с волоконными лазерами, изучение методов модуляции амплитуды и фазы световых волн в волноводных структурах (электрооптические, акустооптические модуляторы, насыщающиеся поглотители разных типов), изучение вопроса о помехах и шумах в оптическом приемном тракте и их влиянии на работу радиофотонных систем.

Задача курса состоит в том, чтобы познакомить студентов с предметом радиофотоники и физическими механизмами, обеспечивающими влияние электромагнитных СВЧ-полей на характеристики световой волны в веществе, с возможностями радиофотоники по анализу СВЧ-сигналов, а также сформировать целостное представление о современном уровне радиофотоники, круге решаемых вопросах, преимуществах и недостатках, требованиях к технологии фотонных и полупроводниковых материалов.

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 | 8/16/0 |  | 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 | 8/16/0 |  | 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* |  | 16/32/0 |  | 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* | 16 | 32 | 0 |
| **1-8** | **Первый раздел** | 8 | 16 | 0 |
| 1 | **Введение: предмет радиофотоники.** Исторический экскурс; радиофотонные устройства; применение радиофотонных систем. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 2 | **Оптические волноводы.** Планарные и полосковые волноводы, волоконные световоды: отражение на границе двух сред; распространение света в волноводе; волноводные моды; дисперсия света; дисперсия света в волноводе. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 3 - 4 | **Распространение света в волноводах.** Структура волновода; потери в волноводах. Поляризация света; интерференция и дифракция света. Потери в волноводах (зависимость от технологии изготовления); фотонные кристаллы. Зависимость характера распространения от интенсивности света (нелинейное преломление, вынужденное рассеяние света). | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 5 | **Нелинейные эффекты при распространении света в волноводах.** Зависимость характера распространения от интенсивности света (нелинейное преломление, вынужденное рассеяние света); влияние нелинейных эффектов на форму и спектральный состав импульса. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 6 - 8 | **Лазеры для радиофотонных систем: полупроводниковые и волоконные лазеры; сходство и различия** Полупроводниковые и волоконные лазеры; сходство и различия; технология изготовления; физика полупроводниковых лазеров; физика волоконных лазеров. | Всего аудиторных часов | | |
| 3 | 6 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| **9-16** | **Второй раздел** | 8 | 16 | 0 |
| 9 | **Методы управления световыми волнами** Методы модуляции света в объемных кристаллах – кристаллооптика; электрооптика, кристаллоакустика, акустооптика, магнитооптика. | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 2 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 - 11 | **Методы управления световыми волнами в волноводных структурах.** Практическая реализация методов модуляции света в волноводах – волноводные электрооптические модуляторы, электроабсорбционные модуляторы (эффект Франца-Келдыша, квантоворазмерный эффект Штарка); поверхностные акустические волны, волноводные акустооптические модуляторы. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 4 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 12 - 14 | **Оптоэлектронные датчики/фотоприемники.** Фотонные датчики (фотонные эффекты), тепловые датчики (тепловые эффекты); основные параметры и основные характеристики фотоприемников; шумы и помехи; фотоприемники высокой мощности, физические процессы в фотодиодах при приеме оптического сигнала. | Всего аудиторных часов | | |
| 3 | 6 | 0 |
| Онлайн | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 15 - 16 | **Применение и тенденции развития радиофотонных систем.** Радиофотонные устройства – линии задержки, аналоговые оптические тракты; радиофотонные генераторы тактовых импульсов и гармонических сигналов; обработка сигналов и вычислительная техника, радиолокационные станции. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 4 | 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. 621.38 У 69 Основы микроволновой фотоники : монография, Москва: Техносфера, 2016

2. 537 З-43 Принципы лазеров : , О. Звелто, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.5 Т58 Микроэлектронные измерительные преобразователи : учебное пособие для вузов, Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2017

2. 535 Б20 Физические основы акустооптики : , В. И. Балакший, В. Н. Парыгин, Л. Е. Чирков, М.: Радио и связь, 1985

3. 681.7 А25 Нелинейная волоконная оптика : , Г. Агравал , М.: Мир, 1996

4. 621.38 М12 Акустооптические устройства и их применение : , Л. Н. Магдич, В. Я. Молчанов, М.: Сов. радио, 1978

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):

Цветков Владимир Борисович, профессор;

Пырков Юрий Николаевич, доцент.