

|  |
| --- |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования **«МИРЭА – Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** |

|  |  |
| --- | --- |
| **ПРИНЯТО**  решением Ученого совета Физико – технологического института  от «28» августа 2019 г.  протокол № 1 | **УТВЕРЖДАЮ**  Директор Физико – технологического института  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Кузнецов В.В.  «28» августа 2019г.. |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Источники и приемники оптического излучения** | | | | | |
|  | | | | | |
| Направление подготовки | | | | **12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»** | |
|  | | | |  | |
| Профиль | | | | **Лазерные оптико-электронные приборы и системы** | |
|  | | | |  | |
| Институт | | **Физико – технологический институт (ФТИ)** | | | |
|  | |  | | | |
| Форма обучения | | | | | **Очная** |
|  | | | | |  |
| Программа подготовки | | | **бакалавриат** | | |
| Кафедра | **Оптико-электронных приборов и систем** | | | | |
|  |  | | | | |

Москва 2019

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана | **к.т.н., доц. Абросимов И.Н.** |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) рассмотрена и принята | |
| на заседании кафедры | **Оптико-электронных приборов и систем** |
|  |  |

Протокол заседания кафедры от 28 августа 2019 г. №1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заведующий кафедрой | **к.т.н, доц. Кузнецов В.В.** | | | |
|  |  | |  | |
|  | |  | |  |

**1. Цель освоения дисциплины.**

Дисциплина "Источники и приемники оптического излучения" имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся профессиональной (ПК-1) компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 12.03.05 "Лазерная техника и лазерные технологии" с учетом специфики профиля подготовки - "Лазерные оптико-электронные приборы и системы ".

**2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы.**

Дисциплина "Источники и приемники оптического излучения" является дисциплиной вариативной части Блока 1 (Дисциплины) учебного плана направления подготовки бакалавров 12.03.05 "Лазерная техника и лазерные технологии" профиля подготовки "Лазерные оптико-электронные приборы и системы". Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетные единицы (324 акад. час.).

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы бакалавриата (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции (код и название компетенции, уровень освоения - при наличии в карте компетенции)** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине(модулю), характеризующие этапы формирования компетенций** |
| ПК-1 (Способен анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов) | Знать основные физические процессы и свойства оптико-электронных приборов и систем. методы проведения научных экспериментов. |
| Уметь анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов. обрабатывать и анализировать полученные результаты. |
| Владеть способностью анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов. способами обработки, анализа, хранения и представления данных экспериментальных исследований. |

**4. Содержание дисциплины**

4.1. Распределение объема и содержания дисциплины (модуля) по разделам, семестрам, видам учебной работы и формам контроля

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № раздела | Семестр | Неделя семестра | Объем (в акад. час.) | | | | | | | | Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)  Формы промежуточной аттестации  (по семестрам) |
| Всего | Контактная работа (по видам учебных занятий) | | | | СР | КрПА | Контроль |
| Всего | ЛК | ЛБ | ПР |
| 1 | 5 | 1-2 | 11,5 | 4 | 4 | - | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование |
| 2 | 5 | 2-4 | 14,5 | 7 | 4 | 3 | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование, защита лаб. работы |
| 3 | 5 | 4-6 | 11,5 | 4 | 4 | - | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование |
| 4 | 5 | 6-8 | 16,5 | 9 | 4 | 5 | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование, защита лаб. работы |
| 5 | 5 | 8-10 | 11,5 | 4 | 4 | - | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование |
| 6 | 5 | 10-12 | 13,5 | 6 | 4 | 2 | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование, защита лаб. работы |
| 7 | 5 | 12-14 | 11,5 | 4 | 4 | - | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование |
| 8 | 5 | 14-16 | 16,5 | 9 | 4 | 5 | - | 7,5 |  |  | Устное собеседование, защита лаб. работы |
| По материалам 5 семестра | | |  |  |  |  |  |  | 2,25 | 33,75 | зачет, курс. раб |
| Всего в 5 семестре | | | 143 | 47 | 32 | 15 | - | 60 | 2,25 | 33,75 |  |
| 9 | 6 | 1-2 | 16 | 4 | 2 | - | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, выполнение практ. заданий |
| 10 | 6 | 2-4 | 16 | 4 | 2 | - | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, выполнение практ. заданий |
| 11 | 6 | 4-6 | 16 | 4 | 2 | - | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, выполнение практ. заданий |
| 12 | 6 | 6-8 | 24 | 12 | 2 | 8 | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, защита лаб. работы, выполнение практ. заданий |
| 13 | 6 | 8-10 | 16 | 4 | 2 | - | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, выполнение практ. заданий |
| 14 | 6 | 10-12 | 16 | 4 | 2 | - | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, выполнение практ. заданий |
| 15 | 6 | 12-14 | 16 | 4 | 2 | - | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, выполнение практ. заданий |
| 16 | 6 | 14-16 | 24 | 12 | 2 | 8 | 2 | 12 |  |  | Устное собеседование, защита лаб. работы, выполнение практ. заданий |
| По материалам 6 семестра | | |  |  |  |  |  |  | 2,35 | 33,65 | экзамен |
| Всего в 6 семестре | | | 180 | 48 | 16 | 16 | 16 | 96 | 2,35 | 33,65 |  |
| Всего | | | 323 | 95 | 48 | 31 | 16 | 156 | 4,6 | 67,4 |  |

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № раздела | Наименование раздела | Содержание раздела |
| 1 | Оптическое излучение и его характеристики | Спектр электромагнитных излучений. Оптический диапазон спектра. Основные энергетические величины. Поток излучении, сила излучения и др. Функция спектральной плотности потока излучения. |
| 2 | Источники излучения оптического диапазона. Тепловые источники излучения. Ч. 1 | Тепловое излучение, законы Планка, Вина, Стефана-Больцмана. |
| 3 | Источники излучения оптического диапазона. Тепловые источники излучения. Ч. 2 | Основные характеристики абсолютно черного тела (АЧТ), серые и цветные тела, яркостная и цветовая температуры. Лампы накаливания, эталоны излучения. |
| 4 | Газоразрядные источники излучения. | Тлеющий разряд, вольт-амперные характеристики, способы его возбуждения. Водородная лампа, дуговые и искровые источники. Стандартные спектральные лампы линий редкоземельных и щелочных металлов. Характеристики, параметры источников излучения |
| 5 | Светодиоды и лазерные диоды | Принцип работы, вольт-амперная и спектральные характеристики. Параметры и перспективы развития |
| 6 | Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения (чувствительности) | Общее понятие чувствительности приемника оптического излучения. Спектральная и интегральная чув-ствительности, спектральная хара-ктеристика. Эффективный поток излучения. Коэффициент использо-вания фотоприемником потока из-лучения произвольного излучателя. |
| 7 | Связь между световыми и энергетическими величинами. | Кривая видности. Основные световые величины. Связь между све-товыми и энергетическими величи-нами. Световая чувствительность. Расчет чувствительности фотопри-емника к любому потоку реальных излучателей. Образцовые источники для фотометрии |
| 8 | Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения (пороговый поток, обнаружительная способность) | Природа шумов приемников оп-тического излучения. Отношение сигнал/шум. Пороговая чувстви-тельность (пороговый поток). Приведение к единичной полосе частот. Обнаружительная способ-ность фотоприемников. Темновой ток и темновое сопротивление. |
| 9 | Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения (быстродействие, электрические характеристики) | Быстродействие фотоприемников. Частотная и переходная харак-теристики, постоянная времени. Вольт-ампернные, световые и другие специальные характеристики фотоприемников |
| 10 | Приемники оптического излучения на основе внешнего фотоэффекта | Внешний фотоэффект. Законы Сто-летова и Эйнштейна. Фотоэлек-тронная работа выхода и квантовая эффективность (квантовый выход). Фотоэмиттеры с отрицательным электронным сродством. Вакуум-ные фотоэлементы. Устройство, характеристики и параметры. Тем-новые токи и способы их умень-шения. Пороговый поток вакуум-ного фотоэлемента. |
| 11 | Приемники оптического излучения на основе внешнего фотоэффекта (ФЭУ) | Фотоэлектронные умножители. Устройство и принцип работы, основные параметры. Схемы вклю-чения. Дискретные и распределен-ные умножительные системы, мик-роканальные пластины. Основные характеристики и параметры ФЭУ. |
| 12 | Темновые токи и шумы ФЭУ | Темновые токи и их зависимость от режима работы. Световой экви-валент темнового тока. Шумы ФЭУ, вклад шумов умножитель-ной системы. Оптимальный режим работы при регистрации очень слабых сигналов. Пороговый поток. Типы ФЭУ для различных областей применения: ФЭУ для регистрации слабых потоков излучения, сцинтилляционные, спектрометрические, временные. |
| 13 | Импульсный режим работы ФЭУ. Импульсные характеристики | Работа ФЭУ в режиме счета импульсов. Амплитудное и энергетическое разрешение. Временное разрешение ФЭУ. Энергетический эквивалент собственных шумов. Одноэлектронные характеристики ФЭУ. Высокоскоростные ФЭУ. |
| 14 | Приемники оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта (фотопроводимость) | Виды внутреннего фотоэффекта. Фоторезистивный эффект, чувстви-тельность фотопроводимости. |
| 15 | Фоторезистор | Характеристики и параметры, коэффициент усиления фоторезис-тора. Частотные свойства. Шумы и пороговая чувствительность. Обна-ружительная способность. Охлаж-даемые примесные и узкозонные фоторезисторы. Материалы фото-резисторов, работающих в различ-ных областях спектра. Применение фоторезисторов. |
| 16 | Приемники оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта (фотогальванический эффект) | Полупроводниковыефотоэлементы. Проявление фотогальванического эффекта при взаимодействии опти-ческого излучения с неоднородны-ми полупроводниками. Механизм образования фото-ЭДС. Характе-ристики освещенного электронно-дырочного перехода. Фотодиодный и фотогальванический режимы работы. Эквивалентная электричес-кая схема. |

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (в акад. часах) |
| 1 | 2 | Исследование спектральных характеристик излучателей | 3 |
| 2 | 4 | Исследование спектральных характеристик фотоприемников | 3 |
| 3 | 4 | Исследование характеристик и параметров фоторезистора | 2 |
| 4 | 6 | Исследование характеристик и параметров вакуумных фотоэлементов | 2 |
| 5 | 8 | Исследование характеристик и параметров фотоэлектронного умножителя | 2 |
| 6 | 8 | Исследование характеристик и параметров солнечного элемента | 3 |
|  |  | Всего в 5 семестре | 15 |
| 7 | 12 | Исследование характеристик и параметров фотодиода | 8 |
| 8 | 16 | Исследование характеристик и параметров фототранзистора | 8 |
|  |  | Всего в 6 семестре | 16 |
|  |  | Всего | 31 |

4.4. Практические занятия (ПР)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (в акад. часах) |
| 1 | 9 | Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения (быстродействие, электрические характеристики) | 2 |
| 2 | 10 | Приемники оптического излучения на основе внешнего фотоэффекта | 2 |
| 3 | 11 | Приемники оптического излучения на основе внешнего фотоэффекта (ФЭУ) | 2 |
| 4 | 12 | Темновые токи и шумы ФЭУ | 2 |
| 5 | 13 | Импульсный режим работы ФЭУ. Импульсные характеристики | 2 |
| 6 | 14 | Приемники оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта (фотопроводимость) | 2 |
| 7 | 15 | Фоторезистор | 2 |
| 8 | 16 | Приемники оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта (фотогальванический эффект) | 2 |
|  |  | Всего в 6 семестре | 16 |
|  |  | Всего | 16 |

**5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

- подготовка к занятиям с использованием конспектов и приведенных ниже (п/п.п. 8.1 и 8.2) источников;

- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и теоретическая подготовка к их сдаче.

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведен ниже (п. 6.3).

**6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

6.1. Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины "Источники и приемники оптического излучения", представлен в п.3 настоящей рабочей программы.

6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

6.2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций, используемые шкалы оценивания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы компетенций (знания, умения, владения)** | **Показатели оценивания** | **Критерии оценивания** | **Средства оценивания** | **Шкалы оцени-вания** |
| Знать (ПК-1) | Знать основные физические процессы и свойства оптико-электронных приборов и систем. методы проведения научных экспериментов. | Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса | Текущий контроль: Выполнение устных заданий; Выполнение лабораторных работ; Выполнение практических заданий; Курсовая работа; Экзамен; Зачет; | Шкала 1 |
| Уметь (ПК-1) | Уметь анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов. обрабатывать и анализировать полученные результаты. | Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов | Текущий контроль: Выполнение устных заданий; Выполнение лабораторных работ; Выполнение практических заданий; Курсовая работа; Экзамен; Зачет; | Шкала 1 |
| Владеть (ПК-1) | Владеть способностью анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов. способами обработки, анализа, хранения и представления данных экспериментальных исследований. | Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности | Текущий контроль: Выполнение устных заданий; Выполнение лабораторных работ; Выполнение практических заданий; Курсовая работа; Экзамен; Зачет; | Шкала 2 |

6.2.2. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

Шкала 1. Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначения | | Формулировка требований к степени сформированности компетенции | | |
| Цифр. | Оценка | Знать | Уметь | Владеть |
|
| 1 | Неуд. | Отсутствие знаний | Отсутствие умений | Отсутствие навыков |
| 2 | Неуд. | Фрагментарные знания | Частично освоенное умение | Фрагментарное применение |
| 3 | Удовл. | Общие, но не структурированные знания | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение | В целом успешное, но не систематическое применение |
| 4 | Хор. | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания | В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков |
| 5 | Отл. | Сформированные систематические знания | Сформированное умение | Успешное и систематическое применение навыков |

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначения | | Формулировка требований к степени сформированности компетенции |
| Цифр. | Оценка |
|
| 1 | Неуд. | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале |
| 2 | Удовл. или неуд. (по усмотрению преподавателя) | Знать на уровне ориентирования, представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 | Удовл. | Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 | Хор. | Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 | Отл. | Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины. |

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений) профессиональной (ПК-1) компетенции в рамках текущего контроля по дисциплине):

1. Основные характеристики спектральных приборов: аппаратная функция, разрешающая способность область дисперсии.

2. Эффект Штарка и эффект Зеемана.

3. Критерии оценки и методика выбора оптимального приемника оптического излучения.

4. Темновые токи приемников оптического излучения с внутренним фотоэффектом.

5. Пороговый поток.

6. Поверхностно-барьерные фотодиоды (фотодиоды Шоттки). Фотодиоды с гетеропереходом. Принцип работы, параметры.

7. Преобразование поляризации света, векторное описание поляризации.

8. Двухлучевая интерференция, картина поля интерференции для плоских и сферических волн, пространственный период и контраст.

9. Взаимодействие оптического излучения с неоднородными полупроводниками. Характеристики приборов с освещаемыми p-n переходом.

10. Лавинные фотодиоды.

Защита лабораторных работ (оценка сформированности элементов (знаний, умений) профессиональной (ПК-1) компетенции) в рамках текущего контроля по дисциплине):

1. Воздействие излучения на однородные полупроводники.

2. Двойное лучепреломление, распространение света в кристаллах, вращение плоскости поляризации.

3. Термоэлементы, принцип работы, параметры.

4. Основные характеристики спектральных приборов: аппаратная функция, разрешающая способность область дисперсии.

5. Шумы, пороговый поток, обнаружительная способность фоторезисторов.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов профессиональной (ПК-1) компетенции в рамках промежуточного контроля по дисциплине) по разделам дисциплины представлен в Приложении 2 к Рабочей программе.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры и средства оценивания элементов компетенций по дисциплине "Источники и приемники оптического излучения"

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Процедура проведения** | **Средство оценивания** | | | | | | |
| Текущий контроль | | | Промежуточный контроль | | | |
| Выполнение устных заданий | Выполнение практических заданий | Защита лабораторных работ | Экзамен | - | Зачет | Курсовая работа |
| Продолжительность контроля | По усмотрению преподавателя | По усмотрению преподавателя | По усмотрению преподавателя | В соотв. с принятыми нормами времени | - | По усмотрению преподавателя | По усмотрению преподавателя |
| Форма проведения контроля | Устная | Устная, Письменная | Устная | Устная, Письменная | - | Устная, Письменная | Устная |
| Вид проверочного задания | Устные вопросы | Практические задания | Устные вопросы | Экзаменационный билет | - | Билет с заданием | Устные вопросы |
| Форма отчетности | Ответы в устной форме | Ответы в письменной и устной форме | Ответы в устной форме, отчет о проведении лабораторной работы, протокол измерений | Ответы в письменной и устной форме | - | Ответы в письменной и устной форме | Ответы в устной форме, текст курсовой работы |
| Раздаточный материал | Справочная литература | Справочная литература | Справочная литература | - | - | - | - |

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина "Источники и приемники оптического излучения" предусматривает лекции, практические занятия, лабораторные работы, а также самостоятельную работу. Успешное изучение дисциплины требует посещения занятий, выполнение самостоятельной работы и ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

- по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующий теме занятия;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

- в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу зачетной сессии, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в составе программы бакалавриата.

**8. Ресурсное обеспечение дисциплины**

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) Основная литература:

1. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Л. Киселев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904. — Загл. с экрана.

2. Латыев, С.М. Конструирование точных (оптических) приборов [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.М. Латыев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 560 с

3. Жигарев А.А., Шамаева Г.Г. Электронно-лучевые и фотоэлектронные приборы. –М.: Высшая школа,1982, 464 с.

4. Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы. – М.: Высшая школа, 1974, 376с.

б) Дополнительная литература:

1. Источники и приемники излучения / Г. Г. Ишанин, Э. Д. Панков, А. Л. Адреев, Г. В. Польщиков - СПб.: Политехника, 199 - 240 с.

2. Основы проектирования оптико-электронных приборов [Текст]: Учеб. пособие для вузов / А.П. Величко , А.П. Смоляков. — М.: МГУПИ, 2011. — 371 с.: ил. — Библиогр.: с. 371

3. Филачев А. М.,. Таубкин И. И,. Тришенков М. А «Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы» М:. Физматкнига, 2007 г.

4. Гуртов В. А. «Твердотельная электроника»: Учеб. пособие - 2-е изд., доп. Москва: Техносфера, 2005

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины:

http://www.library.mirea.ru.

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

Комплект лицензионного программного обеспечения: MS Windows , MS Office . OOО «СКАЙСОФТ ВИКТОРИ» сублицензионный договор от 07 июня 2018 №0373100029518000033.

8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине:

- учебная аудитория, оснащенная презентационным оборудованием;

- учебная аудитория для проведения семенарских и практических занятий;

- лабораторный практикум по направлению "Лазерные оптико-электронные приборы и системы"

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 12.03.05 "Лазерная техника и лазерные технологии", с профилем подготовки "Лазерные оптико-электронные приборы и системы"

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.7.2 "Источники и приемники оптического излучения"**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Дата внесения изменений | Номер пункта рабочей программы дисциплины (модуля) или программы практики | Содержание изменений | Согласование | |
| Зав. кафедрой | Директор института |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.7.2 "Источники и приемники оптического излучения"**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Дата внесения изменений | Номер пункта рабочей программы дисциплины (модуля) или программы практики | Содержание изменений | Согласование | |
| Зав. кафедрой | Директор института |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Приложение 1**

**Аннотация**

**к рабочей программе дисциплины "Источники и приемники оптического излучения"**

**1. Цель освоения дисциплины.**

Дисциплина "Источники и приемники оптического излучения" имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся профессиональной (ПК-1) компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 12.03.05 "Лазерная техника и лазерные технологии" с учетом специфики профиля подготовки - "Лазерные оптико-электронные приборы и системы". В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основные физические процессы и свойства оптико-электронных приборов и систем.  
методы проведения научных экспериментов. (ПК-1)

**Уметь:**

- анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.  
обрабатывать и анализировать полученные результаты. (ПК-1)

**Владеть:**

- способностью анализировать предъявляемые технические требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора с учетом известных экспериментальных и теоретических результатов.  
способами обработки, анализа, хранения и представления данных экспериментальных исследований. (ПК-1)

**2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.**

Дисциплина "Источники и приемники оптического излучения" является дисциплиной вариативной части Блока 1 (Дисциплины) учебного плана направления подготовки бакалавров 12.03.05 "Лазерная техника и лазерные технологии" профиля подготовки "Лазерные оптико-электронные приборы и системы".

3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетные единицы (324 акад. час.).

Форма промежуточного контроля успеваемости - экзамен.

**Приложение №2**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**"Источники и приемники оптического излучения"**

***Назначение оценочных материалов***

Фонд оценочных материалов создается в соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей основной профессиональной образовательной программе (ОПОП) для проведения текущего оценивания, а также промежуточной аттестации обучающихся.

Оценочные материалы (ОМ) – материалы, нормирующие процедуры оценивания результатов обучения, т.е. установления соответствия учебных достижений запланированным результатам обучения и требованиям образовательных программ, рабочих программ модулей (дисциплин).

Фонд оценочных материалов сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;

- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;

- объективности: разные обучающиеся должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ОМ являются:

• предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);

• содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);

• объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ОМ);

• качество оценочных средств и ОМ в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

**Целью ОМ** является проверка сформированности у студентов компетенций по видам профессиональной деятельности:

* *научно-исследовательской*
* *технологической*
* *организационно-управленческой*

Второй целью ОМ является проверка сформированности у студентов профессиональной (ПК-1) компетенции

**Карта компетенций** представлена в п. 3 Рабочей программы дисциплины.

**Показатели оценивания** планируемых результатов обучения представлены в п. 6.2.1 Рабочей программы дисциплины

**Оценочные материалы**

**Раздел 1. Задания для текущего контроля**

Целью текущего контроля знаний является установление подробной, реальной картины студенческих достижений и успешности усвоения ими магистерской учебной программы на данный момент времени. В условиях рейтинговой системы контроля результаты текущего оценивания обучающегося используются как показатель его текущего рейтинга.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе преподавателя. Данный вид контроля стимулирует у студентов стремление к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины.

Формы проведения текущего контроля включают выполнение практических заданий, тестирования, написание рефератов, работу над презентациями и проектами.

**ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАЗЛИЧНЫМ ВИДАМ АУДИТОРНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

1. ***Подготовка информационного сообщения*** для практического занятия. Информационное сообщение – небольшое по объему дополнение к вопросам, рассматриваемым на семинарских занятиях. Студент излагает подготовленные им материалы в аудитории, принимая участие в дискуссии по тому или иному вопросу. Информационное сообщение должно отвечать следующим требованиям: в нем излагаются теоретические подходы к рассматриваемому вопросу, дается анализ принципов, законов, понятий и категорий; теоретические положения подкрепляются фактами, примерами, выступление должно быть аргументированным. Целью такого выступления является подготовка студентов к самостоятельному анализу учебной и научной литературы и выработка у них опыта самостоятельного мышления по проблемам курса.

Вопросы для подготовки информационного сообщения содержатся в планах семинарских занятий по дисциплине и другой методической литературе или предлагаются преподавателем после изучения соответствующей темы курса.

Регламент времени на озвучивание сообщения - до 5-10 мин.

***2. Написание реферата.*** Реферат – это краткое (с точки зрения всей существующей по данной проблеме литературы) изложение сущности избранной проблемы. Как правило, реферат имеет научно-информационное назначение. Выбор темы реферата имеет важное значение: тема должна представлять профессиональный интерес, касаться обсуждаемых в современной литературе вопросов. Реферат пишется на основе изучения ряда монографических изданий, статей, помещенных в периодических изданиях.

Перечень предлагаемых тем для написания рефератов можно найти в планах семинарских занятий по дисциплине, в методической литературе или на сайте кафедры. Студент вправе сам предложить тему реферата, в этом случае требует согласование её формулировки с преподавателем.

Регламент озвучивания реферата – 10-15 минут.

3. С***оставление краткого конспекта.*** Конспект–это одна из разновидностей вторичных документов фактографического ряда, краткая запись основного содержания текста с помощью тезисов. Составление конспекта учит работать над темой, всесторонне обдумывая ее, анализируя различные точки зрения на один и тот же вопрос.

Существует две разновидности конспектирования:

- конспектирование письменных текстов (документальных источников, нормативных документов, статей, помещенных в специализированных периодических изданиях);

- конспектирование устных сообщений (например, лекций).

Конспект может быть кратким или подробным.

Необходимо уточнить, что дословная запись как письменной, так и устной речи не относится к конспектированию. Успешность конспекта зависит от умения структурирования материала. Важно не только научиться выделять основные понятия, но и намечать связи между ними.

Конспект должен начинаться с указания реквизитов ис­точника. Если речь идет о научной статье, помещенной в специализированных периодических изданиях, то следует указать фамилию автора, наименование статьи, название журнала, а также год и номер данного периодического издания. Если речь идет о конспектировании нормативных документов, то следует обратить внимание на действующую редакцию данного документа.

Отчет о составлении конспекта предоставляется в письменном виде. Кроме того, студент кратко излагает главные положения и выводы в аудитории. Регламент устного сообщения на семинарских занятиях – 3-4 минуты. Преподаватель просматривает предоставленный конспект.

4. ***Написание эссе***- это вид внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по написанию сочинения небольшого объема и свободной композиции на частную тему, трактуемую субъективно и обычно неполно.

Эссе - это небольшая письменная работа на тему, предложенную преподавателем (тема может быть предложена и студентом, но обязательно должна быть согласована с преподавателем). Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.

Тема, выбираемая для написания эссе должна быть актуальной, затрагивающей современные пробле­мы области изучения дисциплины. Обучающийся должен раскрыть не только суть проблемы, привести различные точки зрения, но и выразить собственные взгляды на нее. Этот вид работы требует от обучающегося умения четко выражать мысли как в письменной форме, так и посредством логических рассуждений, ясно изла­гать свою точку зрения.

Эссе может быть представлено на практическом занятии, на конкурсе студенческих работ, научных конференциях.

5. ***Написание рецензии***- это вид внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по написанию критического отзыва на первоисточник (книгу, статью, сочинение и пр.). В рецензии обучающийся должен обозначить проблему, которой посвящена статья, проанализировать доказательную базу, положительные стороны и недостатки статьи, высказать свою точку зрения на рассматриваемые проблемы.

6. ***Составление словаря терминов по темам курса*** – вид самостоятельной работы обучающегося, выражающейся в подборе и систематизации терминов, непонятных слов и выражений, встречающихся при изучении темы. Развивает у работы обучающихся способность выделять главные понятия темы и формулировать их. Оформляется письменно, включает название и значение терминов, слов и понятий в алфавитном порядке.

7. ***Составление сводной* (*обобщающей*) *таблицы по теме***- это вид самостоятельной работы обучающегося по систематизации информации, которая сводится (обобщается) в рамки таблицы. Формирование структуры таблицы отражает склонность обучающегося к систематизации материала и развивает его умения по структурированию информации. Крат­кость изложения информации характеризует способность к ее свертыванию. Такие таблицы создаются как помощь в изучении большого объема информации, желая придать ему оптимальную форму для запоминания. Задание чаще всего носит обязательный характер, а его качество оцени­вается по качеству знаний в процессе контроля. Оформляется письменно.

Задания по составлению сводной таблицы планируются чаще в контексте обязательного задания по подготовке к теоретическому занятию.

8. ***Составление схем, иллюстраций (рисунков), графиков, диаграмм***- это более простой вид графического способа отображения информации. Целью этой работы является развитие умения обучающегося выделять главные элементы, устанавливать между ними соотношение, отслеживать ход раз­вития, изменения какого-либо процесса, явления, соотношения каких-либо величин и т.д. Второстепенные детали описательного характера опускаются. Рисунки носят чаще схематичный характер. В них выделяются и обозначаются общие элементы, их топографическое соотношение. Рисунком может быть отображение действия, что способствует наглядности и, соответственно, лучшему запоминанию алгоритма. Схемы и рисунки широко используются в заданиях на практических занятиях в разделе самостоятельной работы. Эти задания могут даваться всем обучающимся как обязательные для подготовки к практическим занятиям.

9. ***Подготовка письменной творческой работы,*** н***аучно-исследовательская деятельность обучающегося***- этот вид деятельности предполагает самостоятельное формулирование проблемы и ее решение, либо решение сложной предложенной проблемы с последующим контролем преподавателя, что обеспечит продуктивную творческую деятельность и формирование наиболее эффективных и прочных знаний (знаний-трансформаций). Этот вид задания может выполняться в ходе занятий обучающегося в кружке по дисциплине или планироваться индивидуально и требует достаточной подготовки и методического обеспечения.

Подготовка к исследовательской работе интенсифицируется при выборе темы дипломной работы, когда студенты начинают сбор материала к исследованию. Совместно с руководителем составляются общая программа деятельности, план-проспект дипломной работы, ведется подбор литературы.

Роль преподавателя и роль обучающегося в этом случае значительно усложняются, так как основной целью является развитие у обучающихся исследовательского, научного мышления. Такой вид деятельности под силу не всем обучающимся, планируя его, следует учитывать индивидуальные особенности обучающегося. Более сложна и система реализации такого вида деятельности, более емки затраты времени как обучающегося, так и преподавателя. В качестве кружковой работы могут быть подготовлены сложные рефераты, проведено микроисследование, изготовлены сложные учебные модели.

10. ***Создание материалов-презентаций***- это вид самостоятельной работы обучающихся по созданию наглядных инфор­мационных пособий, выполненных с помощью мультимедийной компьютерной программы PowerPoint. Этот вид работы требует координации навыков обучающегося по сбору, систематизации, переработке информации, оформления ее в виде подборки материалов, кратко отражающих основные вопросы изучаемой темы, в электронном виде. Создание материалов-презентаций расширяет методы и средства обработки и представления учебной информации, формирует у обучающихся навыки работы на компьютере.

Материалы-презентации готовятся обучающимся в виде слайдов с использованием программы Microsoft PowerPoint. В качестве материалов-презентаций могут быть представлены результаты любого вида внеаудиторной самостоятельной работы, по формату соответствующие режиму презентаций.

**Вопросы для текущего контроля знаний студентов.**

Опрос проводится в устной или письменной форме. Это может быть как фронтальный, так и индивидуальный опрос. Перечень вопросов по дисциплине приведен ниже:

1. Полупроводниковые фотоэлементы.

2. Оптические схемы спектральных приборов и монохроматоров с использованием призм и дифракционных решёток.

3. Фотогальванические приемники оптического излучения.

4. Эквивалентная схема, характеристики и параметры.

5. Темновые токи и шумы фотодиодов.

6. Основные характеристики спектральных приборов: аппаратная функция, разрешающая способность область дисперсии.

7. Пороговый поток.

8. Дрейфовые и pin фотодиоды.

9. Квантовые числа, излучательные переходы, правила отбора.

10. Поверхностно-барьерные фотодиоды (фотодиоды Шоттки). Фотодиоды с гетеропереходом. Принцип работы, параметры.

11. Спектры многоэлектронных атомов. Спектры атомов во внешних электрических и магнитных полях.

12. Преобразователи энергии оптического излучения в электрическую энергию. Принцип действия, основные характеристики.

13. Эффект Штарка и эффект Зеемана.

14. Электронно-оптические преобразователи.

15. Колебательно-вращательные координаты молекул, правила отбора в колебательно-вращательных спектрах.

16. Охлаждаемые фоторезисторы.

17. Координатно-чувствительные фотоприемники. Принцип работы, характеристики и параметры.

18. Линейная оптика, границы раздела двух сред, нормальная и аномальные дисперсии.

19. Фотодиоды. Основные характеристики и параметры. Быстродействие.

20. Физические основы абсорбции, соотношения Крамерса-Кронига, закон Бугера-Ламберта-Берра.

21. Темновые токи, шумы и пороговый поток фоторезисторов.

22. Рэлеевское рассеяние, комбинационное и вынужденное рассеяние.

23. Тепловые приемники излучения. Принцип работы. Особенности.

24. Двойное лучепреломление, распространение света в кристаллах, вращение плоскости поляризации.

25. Темновые токи и шумы фотодиодов.

26. Солнечный элемент. Виды потерь энергии излучения. Основные характеристики и параметры.

27. Взаимодействие сильного светового поля со средой.

28. Темновые токи приемников оптического излучения с внутренним фотоэффектом.

29. Основы нелинейной оптики: генерация второй гармоники, преобразование одной световой волны в другую, параметрические явления в оптике.

30. Взаимодействие оптического излучения с неоднородными полупроводниками. Характеристики приборов с освещаемыми p-n переходом.

31. Лавинные фотодиоды.

32. Преобразование поляризации света, векторное описание поляризации.

33. Фоторезисторы. Характеристики и параметры. Частотные свойства.

34. Темновые токи полупроводниковых приемников оптического излучения.

35. Воздействие излучения на неоднородные полупроводники.

36. Шумы, пороговый поток, обнаружительная способность фоторезисторов.

37. Спонтанное и вынужденное излучение. Поглощение.

38. Воздействие излучения на однородные полупроводники.

39. Частотные свойства приемников оптического излучения. Факторы, определяющие быстродействие. Характеристики.

40. Термоэлементы, принцип работы, параметры.

41. Быстродействие фотодиодов. Способы повышения.

42. Принцип работы лазера. Структурная схема лазера, принципы накачки, принципы обратной связи.

43. Биполярные фототранзисторы. Принцип работы, характеристики и параметры. Схемы включения.

44. Работа освещенного электронно-дырочного перехода.

45. Свойства лазерных пучков: монохроматичность, когерентность, направленность, яркость.

46. Вентильный (селеновый) измерительный фотоэлемент. Характеристики, параметры, области применения.

47. Матрицы ABCD. Линзовый волновод, лучи в линзоподобной среде, распространение лучей между зеркалами.

48. Критерии оценки и методика выбора оптимального приемника оптического излучения.

49. Способы повышения быстродействия фотодиодов.

50. Полевые фототранзисторы.

51. Фотодиоды. Характеристики и парметры, схемы включения.

52. Виды внутреннего фотоэффекта.

53. Механизм образования фото-ЭДС. Режимы работы приемников оптического излучения.

54. Примесная фотопроводимость.

55. Амплитудная, фазовая, частотная и пространственно частотная модуляция. Отклонение оптического излучения.

56. Чувствительность фотопроводимости и ее зависимость от параметров полупроводника.

57. Электрооптические, магнитооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы.

58. Шумы приемников оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта.

59. Распространение электромагнитного поля в пространстве. Уравнения Максвелла.

60. Сферические и плоские световые волны.

61. Представление световых полей комплексными функциями.

62. Двухлучевая интерференция, картина поля интерференции для плоских и сферических волн, пространственный период и контраст.

63. Описание интерференции в скалярном приближении и с учётом поляризации световых волн.

64. Комплексная степень когерентности, расчёт временной когерентности, теорема Винера-Хинчина.

Прохождение контроля и выполнение всех работ способствует формированию: общепрофессиональных (ОПК-4, ОПК-6) и профессиональной (ПК-3) компетенций

**Раздел 2. Промежуточная аттестация**

ОМ для промежуточной (семестровой) аттестации обучающихся по дисциплине предназначен для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяет определить качество усвоения изученного материала.

По дисциплине "Когерентно-оптические приборы и системы" формой промежуточного контроля успеваемости является экзамен.

**Экзамен** выставляется по совокупности результатов текущего контроля по разделам дисциплины в ходе семинарских занятий и по результатам экзамена, проводимого во время сессии. Экзаменационный билет включает в себя 2 вопроса. **Шкалы оценивания** представлены в п. 6.2.2. рабочей программы.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Фотодиоды. Основные характеристики и параметры. Быстродействие.

2. Темновые токи, шумы и пороговый поток фоторезисторов.

3. Спонтанное и вынужденное излучение. Поглощение.

4. Тепловые приемники излучения. Принцип работы. Особенности.

5. Принцип работы лазера. Структурная схема лазера, принципы накачки, принципы обратной связи.

6. Темновые токи и шумы фотодиодов.

7. Солнечный элемент. Виды потерь энергии излучения.

8. Свойства лазерных пучков: монохроматичность, когерентность, направленность, яркость.

9. Механизм образования фото-ЭДС. Режимы работы приемников оптического излучения.

10. Примесная фотопроводимость.

11. Матрицы ABCD. Линзовый волновод, лучи в линзоподобной среде, распространение лучей между зеркалами.

12. Чувствительность фотопроводимости и ее зависимость от параметров полупроводника.

13. Амплитудная, фазовая, частотная и пространственно частотная модуляция. Отклонение оптического излучения.

14. Шумы приемников оптического излучения на основе внутреннего фотоэффекта.

15. Электрооптические, магнитооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы.

16. Полупроводниковые фотоэлементы.

17. Фотогальванические приемники оптического излучения.

18. Распространение электромагнитного поля в пространстве. Уравнения Максвелла.

19. Эквивалентная схема, характеристики и параметры.

20. Темновые токи и шумы фотодиодов.

21. Пассивные оптические компоненты: разветвители 2х2

22. Пороговый поток.

23. Дрейфовые и pin фотодиоды.

24. Пассивные оптические компоненты: разветвитель 3х3. Уравнения связанных мод для него

25. Поверхностно-барьерные фотодиоды (фотодиоды Шоттки). Фотодиоды с гетеропереходом. Принцип работы, параметры.

26. Преобразователи энергии оптического излучения в электрическую энергию. Принцип действия, основные характеристики.

27. Волоконной оптические усилители: обзор существующих решений

28. Электронно-оптические преобразователи.

29. Иттербиевые волоконные усилители

30. Охлаждаемые фоторезисторы.

31. Сферические и плоские световые волны.

32. Координатно-чувствительные фотоприемники. Принцип работы, характеристики и параметры.

33. Представление световых полей комплексными функциями.

34. Основные характеристики и параметры.

35. Темновые токи приемников оптического излучения с внутренним фотоэффектом.

36. Взаимодействие оптического излучения с неоднородными полупроводниками. Характеристики приборов с освещаемыми p-n переходом.

37. Лавинные фотодиоды.

38. Типы источников излучения в волоконной оптике

39. Фоторезисторы. Характеристики и параметры. Частотные свойства.

40. Темновые токи полупроводниковых приемников оптического излучения.

41. Ввод оптического излучения в волокно. Эффективность ввода.

42. Воздействие излучения на неоднородные полупроводники.

43. Многомодовое оптическое волокно

44. Шумы, пороговый поток, обнаружительная способность фоторезисторов.

45. Воздействие излучения на однородные полупроводники.

46. Частотные свойства приемников оптического излучения. Факторы, определяющие быстродействие. Характеристики.

47. Одномодовое оптическое волокно

48. Термоэлементы, принцип работы, параметры.

49. Быстродействие фотодиодов. Способы повышения.

50. Двухлучевая интерференция, картина поля интерференции для плоских и сферических волн, пространственный период и контраст.

51. Биполярные фототранзисторы. Принцип работы, характеристики и параметры. Схемы включения.

52. Работа освещенного электронно-дырочного перехода.

53. Описание интерференции в скалярном приближении и с учётом поляризации световых волн.

54. Вентильный (селеновый) измерительный фотоэлемент. Характеристики, параметры, области применения.

55. Критерии оценки и методика выбора оптимального приемника оптического излучения.

56. Способы повышения быстродействия фотодиодов.

57. Полевые фототранзисторы.

58. Фотодиоды. Характеристики и параметры, схемы включения.

59. Комплексная степень когерентности, расчёт временной когерентности, теорема Винера-Хинчина.

60. Виды внутреннего фотоэффекта.

61. Волновое уравнение в изотропной, анизотропной и неоднородных средах. Дифракционный интеграл.

62. Физические основы Фурье-спектроскопии.

63. Теорема Ван Циттерта – Цернике и расчёт пространственной когерентности.

64. Распространение оптических пучков в волноводных и резонансных структурах.

65. Спонтанные и индуцированные переходы между энергетическими уровнями, поглощение и усиление.