

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Т.А. Хагуров

«30» мая 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.14**  
**ОПТОЭЛЕКТРОНИКА**

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

*(код и наименование направления подготовки)*

Направленность (профиль)

Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств

*(наименование направленности (профиля))*

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация

бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины “Б1.В.14 Оптоэлектроника” составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки “03.03.03 Радиофизика”.

Программу составил:

Яковенко Николай Андреевич, профессор кафедры оптоэлектроники, д.т.н.

Рабочая программа дисциплины “Оптоэлектроника” утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ  
протокол № 10 «22» апреля 2025 г.

И. о. заведующего кафедрой оптоэлектроники Векшин М.М.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета КубГУ  
протокол № 11 «29» апреля 2025 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

Галуцкий Валерий Викторович, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий, д.ф.-м.н.

Шевченко Александр Владимирович, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания», к.ф.-м.н.

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)**

### **1.1 Цель освоения дисциплины**

Целью учебной дисциплины "Оптоэлектроника" является формирование компетенций, связанных со знанием принципов работы, с синтезом и анализом функционирования оптоэлектронных устройств, используемых в высокотехнологичном оборудовании для связи, научных исследований, производства новых материалов и изделий из них.

### **1.2 Задачи дисциплины**

Задачами освоения дисциплины является изучение оптоэлектроники как единой области техники, в которой большое число самых различных направлений, объединённых физическими и конструктивно-технологическими основами, материалами, элементной базой: оптические транспаранты, индикаторы, оптические запоминающие среды, оптические световоды, устройства интегральной оптики, оптоэлектронные датчики:

- привить студентам навыки научно-исследовательской работы и продемонстрировать широкие возможности использования техники оптоэлектроники в различных научных направлениях;
- обучить студентов принципам и приемам самостоятельных расчетов характеристик элементной базы оптоэлектроники, интегрально-оптических и волоконнооптических структур;
- выработка практических навыков аналитического и численного анализа процесса распространения оптического излучения в элементной базе оптоэлектроники, а также расчета основных характеристик этих устройств;
- получение глубоких знаний по оптической физике, оптическому материаловедению, функциональным устройствам и системам оптоэлектроники;

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить базовые теоретические знания и практические навыки, позволяющие проводить моделирование и расчет элементной базы оптоэлектроники, а также получить базовые теоретические знания в области физических основ современной оптоэлектроники, приборов, устройств и систем.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Оптоэлектроника» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Дисциплина «Оптоэлектроника» по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика профиль подготовки Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств квалификация (степень) выпускника Бакалавр относится к учебному циклу Б1.В.ДВ.01.02.03 профессиональных дисциплин вариативного блока.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в изучении дисциплин «Обязательной части»: «Математика», «Общая физика», «Теоретическая физика», «Информатика».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций: ПК-3, ПК-4.

| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                   |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-3</b> Способен к эксплуатации и техническому обслуживанию сложных функциональных узлов радиоэлектроники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                    |
| <p>ПК-3.1 Осуществляет тестирование работы сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры</p> <p>ПК-3.2 Осуществляет диагностику технического состояния сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры</p>                                                                                                                                                                                                   | <p><b>Знать:</b></p> <p>принципов функционирования современной техники, радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> | <p><b>Уметь:</b></p> <p>выделять основные физические процессы, определяющие принципы функционирования и параметры современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> | <p><b>Владеть:</b></p> <p>принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p>            |
| <b>ПК-4</b> Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для проектирования узлов связи, линейно-кабельных и станционных сооружений, систем радиосвязи и распределительных сетей                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                    |
| <p>ПК-4.1 Определяет объем, осуществляет сбор и предварительный анализ исходных данных для проектирования объектов (систем) связи</p> <p>ПК-4.2 Осуществляет выбор, и предварительный анализ технических и технологических решений для проектируемых объектов (систем) связи</p> <p>ПК-4.3 Подготавливает технические отчеты по результатам предпроектной подготовки, сбора и анализа исходных данных для подготовки проекта</p> | <p><b>Знать:</b></p> <p>принципы функционирования современной техники, радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p>  | <p><b>Уметь:</b></p> <p>выделять основные физические процессы, определяющие принципы функционирования и параметры современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> | <p><b>Владеть:</b></p> <p>Навыками решения теоретических и практических типовых и системных задач, связанных с профессиональной деятельностью.</p> |

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

| Вид работ                                                                                                                                                                                    |                               | Всего часов | Семестры (часы) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                              |                               |             | 8               |
| Контактная работа, в том числе:                                                                                                                                                              |                               |             |                 |
| Аудиторные занятия (всего):                                                                                                                                                                  |                               | 108         | 108             |
| занятия лекционного типа                                                                                                                                                                     |                               | 12          | 12              |
| практические занятия                                                                                                                                                                         |                               | 22          | 22              |
| лабораторные занятия                                                                                                                                                                         |                               | 22          | 22              |
|                                                                                                                                                                                              |                               |             |                 |
| Иная контактная работа:                                                                                                                                                                      |                               |             |                 |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                                                                                                                                        |                               | 5           | 5               |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                                                                                                                                               |                               | 0,2         | 0,2             |
| Самостоятельная работа, в том числе:                                                                                                                                                         |                               |             |                 |
| Курсовая работа                                                                                                                                                                              |                               | -           | —               |
| Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям) |                               | 46,8        | 46,8            |
| Подготовка к текущему контролю                                                                                                                                                               |                               | 18,8        | 18,8            |
|                                                                                                                                                                                              |                               |             |                 |
| Контроль:                                                                                                                                                                                    |                               |             |                 |
| Подготовка к экзамену                                                                                                                                                                        |                               | 8           | 8               |
|                                                                                                                                                                                              |                               |             |                 |
| Общая трудоемкость                                                                                                                                                                           | час.                          | 108         | 108             |
|                                                                                                                                                                                              | в том числе контактная работа | 46,8        | 46,8            |
|                                                                                                                                                                                              | зач. ед                       | 3           | 3               |

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «оптоэлектроника» включает в себя: занятия лекционного типа, практические занятия, лабораторные работы, групповые консультации (так же и внеаудиторные, через электронную среду). Промежуточная аттестация в тестовой и устной формах.

### 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре **сводная таблица (очная форма):**

| №  | Наименование разделов (тем)                             | Количество часов |                   |    |    |     |                          |
|----|---------------------------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----|--------------------------|
|    |                                                         | Всего            | Аудиторная работа |    |    | КСР | Внеаудиторная работа СРС |
|    |                                                         |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |     |                          |
| 1. | Современная оптоэлектроника                             | 8                | 2                 | 3  | 3  |     | 8                        |
| 2. | Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды. | 7                | 1                 | 3  | 3  | 0,5 | 8                        |
| 3. | Световоды                                               | 5                | 1                 | 2  | 2  | 0,5 | 8                        |
| 4. | Потери в световодах                                     | 5                | 1                 | 2  | 2  | 0,5 | 6,6                      |

| №   | Наименование разделов (тем)         | Количество часов |                   |    |    |     |                             |
|-----|-------------------------------------|------------------|-------------------|----|----|-----|-----------------------------|
|     |                                     | Всего            | Аудиторная работа |    |    | КСР | Внеаудиторная работа<br>СРС |
|     |                                     |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |     |                             |
| 5.  | Дисперсия импульсов в световодах    | 5                | 1                 | 2  | 2  | 0,5 | 8                           |
| 6.  | Фотоприёмники                       | 5                | 1                 | 2  | 2  |     | 8                           |
| 7.  | Оптроны                             | 5                | 1                 | 2  | 2  |     | 8                           |
| 8.  | ВОСП                                | 5                | 1                 | 2  | 2  |     | 6                           |
| 9.  | Электрооптические модуляторы        | 5                | 1                 | 2  | 2  |     | 7,9                         |
| 10. | Акустооптические модуляторы         | 5                | 1                 | 2  | 2  |     | 8,9                         |
|     | <i>ИТОГО по разделам дисциплины</i> | 55               | 12                | 22 | 22 | 2   | 46,8                        |
|     | Зачёт                               | 8                |                   |    |    |     |                             |
|     | Общая трудоемкость по дисциплине    | <b>108</b>       |                   |    |    |     |                             |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование раздела (темы) | Содержание раздела (темы)                                                                                                                                                                                                                                                   | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. | Современная оптоэлектроника | Определение оптоэлектроники. Её место в научно-техническом прогрессе. Отличительные особенности оптоэлектроники, как нового направления электронной техники. Электромагнитные волны и их свойства. Шкала электромагнитных волн. Электроны и фотоны, как носители информации | КВ / Т                  |
| 2. | Источники света             | Классификация источников света и требования к ИС в оптоэлектронике. Лазеры и их характеристики. Пространственная и временная когерентность источников света.                                                                                                                | КВ / Т                  |
| 3. | Светоизлучающие диоды       | Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Требования к материалам для светоизлучающих диодов. Спектральные характеристики, конструкции и диаграммы направленности СИД                                                                             | КВ / Т                  |
| 4. | Лазерные диоды              | Принцип работы, условие инверсионной населённости, коэффициент усиления, квантовая эффективность, к.п.д., ватт-амперная характеристика. РОС и РБО-лазеры. Применение лазеров в принтерах и оптических дисках. Лазеры в медицинской и диагностической аппаратуре.            | КВ / Т                  |
| 5. | Световоды                   | Принцип работы световодов. Основные характеристики световодов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые световоды. Изготовление оптических кварцевых волокон. Применения световодов: эндоскопы, датчики физических величин.                                     | КВ / Т                  |
| 6. | Потери в световодах         | Механизмы потерь, поглощения и рассеяния в кварцевых оптических волокнах. Типовые зависимости составляющих потерь от длины волны, затухание энергии в оптических волокнах при различных длинах волн. Разъёмные и сварные                                                    | КВ / Т                  |

|     |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |
|-----|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|     |                                  | соединения волокон. Потери при соединениях. Измерения затухания и потерь.                                                                                                                                                                                                                                          |        |
| 7.  | Дисперсия импульсов в световодах | Модовая дисперсия. Ступенчатые и градиентные световоды. Хроматическая дисперсия. Поляризационная дисперсия. Конструкции и характеристики оптических кабелей связи. Пропускная способность оптических кабелей связи.                                                                                                | КВ / Т |
| 8.  | Фотоприёмники                    | Физические основы работы ФП. Классификация фотонных детекторов. Фоторезисторы. Фотодиоды. Вольтамперные характеристики ФП. Спектральные характеристики фотоприёмников. Фотовольтаические приёмники и преобразователи солнечной энергии. Pin-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Принцип действия и устройство фото-ПЗС. | КВ / Т |
| 9.  | Оптроны                          | Диодные и тиристорные оптроны. Передаточная характеристика оптронов. Применения оптронов.                                                                                                                                                                                                                          | КВ / Т |
| 10. | ВОСП                             | Преимущества, особенности и возможности ВОСП. Способы увеличения пропускной способности. Оптические локальные сети Ethernet. Анализ и характеристики современных систем оптической связи. Перспективы развития и применения ВОСП в глобальных, региональных и локальных сетях.                                     | КВ / Т |
| 11. | Электрооптические модуляторы     | Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов.                                                                                           | КВ / Т |
| 12. | Акустооптические модуляторы      | Физические основы акустооптического эффекта. Акустооптические модуляторы и переключатели. Физические основы построения и конструкций акустооптических модуляторов и переключателей оптических сигналов. Применение акустооптических ячеек для обработки радиосигналов. Конструкция акустооптического процессора    | КВ / Т |

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Т – тестирование.

### 2.3.2 Практические занятия.

| №  | Наименование раздела  | Тематика практических занятий                                                                                                                                                                    | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                     | 3                                                                                                                                                                                                | 4                       |
| 1. | Источники света       | Классификация источников света и требования к ИС в оптоэлектронике. Лазеры и их характеристики. Пространственная и временная когерентность источников света.                                     | КВ / ПЗ/Т / Р           |
| 2. | Светоизлучающие диоды | Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Требования к материалам для светоизлучающих диодов. Спектральные характеристики, конструкции и диаграммы направленности СИД. | КВ / ПЗ / Т / Р         |
| 3. | Лазерные диоды        | Принцип работы, условие инверсионной населённости, коэффициент усиления, квантовая эффективность, к.п.д., ватт-                                                                                  | КВ / ПЗ / Т / Р         |

|     |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |
|-----|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|     |                                  | амперная характеристика. РОС и РБО-лазеры. Применение лазеров в принтерах и оптических дисках. Лазеры в медицинской и диагностической аппаратуре.                                                                                                                                                                  |                 |
| 4.  | Световоды                        | Принцип работы световодов. Основные характеристики световодов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые световоды. Изготовление оптических кварцевых волокон. Применения световодов: эндоскопы, датчики физических величин.                                                                            | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 5.  | Потери в световодах              | Механизмы потерь, поглощения и рассеяния в кварцевых оптических волокнах. Типовые зависимости составляющих потерь от длины волны, затухание энергии в оптических волокнах при различных длинах волн. Разъёмные и сварные соединения волокон. Потери при соединениях. Измерения затухания и потерь.                 | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 6.  | Дисперсия импульсов в световодах | Модовая дисперсия. Ступенчатые и градиентные световоды. Хроматическая дисперсия. Поляризационная дисперсия. Конструкции и характеристики оптических кабелей связи. Пропускная способность оптических кабелей связи.                                                                                                | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 7.  | Фотоприёмники                    | Физические основы работы ФП. Классификация фотонных детекторов. Фоторезисторы. Фотодиоды. Вольтамперные характеристики ФП. Спектральные характеристики фотоприёмников. Фотовольтаические приёмники и преобразователи солнечной энергии. Pin-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Принцип действия и устройство фото-ПЗС. | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 8.  | Оптроны                          | Диодные и тиристорные оптроны. Передаточная характеристика оптронов. Применения оптронов.                                                                                                                                                                                                                          | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 9.  | ВОСП                             | Преимущества, особенности и возможности ВОСП. Способы увеличения пропускной способности. Оптические локальные сети Ethernet. Анализ и характеристики современных систем оптической связи. Перспективы развития и применения ВОСП в глобальных, региональных и локальных сетях.                                     | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 10. | Электрооптические модуляторы     | Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов                                                                                            | КВ / ПЗ / Т / Р |
| 11. | Акустооптические модуляторы      | Физические основы акустооптического эффекта. Акустооптические модуляторы и переключатели. Физические основы построения и конструкций                                                                                                                                                                               | КВ / ПЗ / Т / Р |



|  |  |                                                                                                                                                                             |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | акустооптических модуляторов и переключателей оптических сигналов. Применение акустооптических ячеек для обработки радиосигналов. Конструкция акустооптического процессора. |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Т – тестирование, Р – реферат.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| №  | Наименование раздела                                   | Наименование лабораторных работ                          | Форма текущего контроля                   |
|----|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1  | 2                                                      | 3                                                        | 4                                         |
| 1. | Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды | Исследование характеристик полупроводниковых излучателей | технический отчёт по лабораторным работам |
| 2. | Потери в световодах                                    | Сварка оптических волокон                                | технический отчёт по лабораторным работам |
| 3. | Фотоприёмники                                          | Фотоэлектрические преобразователи                        | технический отчёт по лабораторным работам |
| 4. | ВОСП                                                   | Рефлектометрические измерения в ВОЛС                     | технический отчёт по лабораторным работам |
| 5. | Электрооптические модуляторы                           | Электрооптические модуляторы                             | технический отчёт по лабораторным работам |
| 6. | Акустооптические модуляторы                            | Акустооптические модуляторы                              | технический отчёт по лабораторным работам |

Проведение занятий лабораторного практикума предусмотрено в «лаборатории оптоэлектроники и оптической связи» (аудитория 325с). В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции: ПК-3, ПК-4

#### Лабораторная работа № 1.

##### Исследование характеристик полупроводниковых излучателей

Цель работы теоретически и экспериментально исследовать основные характеристики полупроводниковых лазеров:

- спектр излучения;
- поперечные и продольные моды; - ватт-амперную характеристику; - числовую апертуры.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- выполняет расчёты когерентности;
- изучает особенности механизма генерации;
- изучает механизм образования инверсии в р-п-переходе;
- определяет модовый состав излучения полупроводниковых

лазеров;

- изучает и экспериментально осваивает работу с современным монохроматором.

## **Лабораторная работа № 2.**

### **Сварка оптических волокон**

Целью работы является практическое изучение работы сварочного аппарата, его характеристики и возможности.

- изучает этапы сварного соединения, особенности каждого этапа; В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- практически изучает на каждом этапе сварного соединения влияние на результат различных факторов;

- изучает тенденции развития сварочной техники;

- экспериментально определяет преимущества работы электронного скалывателя;

- изучает особенности различных методов юстировки оптических волокон перед сваркой;

- изучает механизм управления сварочным аппаратом.

## **Лабораторная работа № 3.**

### **Фотоэлектрические преобразователи**

Целью изучения этой темы является изучение принципа работы и исследование характеристик фотоэлектрических преобразователей.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- изучает физические принципы работы ФЭП;

- изучает свойства полупроводникового перехода;

- определяет действие излучения на р-п-переход;

- экспериментально измеряет характеристики солнечных преобразователей;

- определяет КПД кремниевых солнечных преобразователей;

- экспериментально определяет нагрузочную характеристику ФЭП

## **Лабораторная работа № 4.**

### **Рефлектометрические измерения в ВОЛС**

Целью работы является:

- изучение различных методов экспериментального определения характеристик оптических волокон;

- экспериментальное определение рефлектограммы,

- практическое исследование рефлектограмм.

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы учится:

- определять распределение потерь вдоль ВОЛС, выявлять дефектные участки или элементы линии связи;

- экспериментально определять возможности оптических рефлектометров для измерения потерь на изгибах;

- выполнять анализ рефлектограмм;

- определять точное расположение обрывов или дефектных участков ВОЛС;

- оценивать полные потери в волоконно-оптической линии связи при приемке линии и периодическом тестировании;

- измерять средние потери оптического волокна на катушках, равномерность распределения потерь в волокне и выявлять наличие локальных дефектов при производстве волокна;

- измерять потери в механических и в сварных соединениях;
- 
- оценивать коэффициент отражения и коэффициент помех для встречного направления.

### **Лабораторная работа № 5.**

#### **Электрооптические модуляторы**

Цель работы изучение линейного электрооптического эффекта (ЛЭОЭ) и принципа работы электрооптического модулятора света, экспериментальное исследование характеристик модулятора на основе ниобата лития  $\text{LiNbO}_3$ .

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- изучает особенности распространения световых волн в анизотропных средах;
- экспериментально получает, наблюдает и исследует коноскопическую картину на кристалле;
- определяет полуволновое напряжение, соответствующее изучаемому кристаллу по методу удвоения частоты;
- получает и исследует динамические характеристики исследуемого кристалла.

### **Лабораторная работа № 6.**

#### **Акустооптические модуляторы**

Цель данной темы – изучение основных типов и характеристик акустооптических модуляторов, исследование дифракции света на акустических волнах, экспериментальное определение эффективности дифракции акустооптического модулятора на основе фосфида галлия (GaP).

В процессе выполнения работы студент, руководствуясь методическими указаниями к выполнению данной работы:

- изучает взаимодействие оптических и акустических волн, особенности фотоупругого эффекта;
- определяет возможности и особенности дифракции Рамана-Ната;
- экспериментально измеряет период возникающей дифракционной решётки;
- рассчитывает скорость звуковой волны;
- оценивает эффективность дифракции;
- исследует экспериментально поляризационные характеристики модулятора.

### **2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)**

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

## **2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

| № | Вид СРС                                                            | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Проработка учебного теоретического материала подготовка к экзамену | 1.Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a><br>Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1– Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — |

|   |                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                            | <p>Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. —Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5112">https://e.lanbook.com/book/5112</a> Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5113">https://e.lanbook.com/book/5113</a> Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01»</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям         | <p>1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб:Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a></p> <p>2. Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 544 с.— Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/94575">https://e.lanbook.com/book/94575</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3 | Подготовка к выполнению лабораторных работ | <p>1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника:учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. –СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/95150">https://e.lanbook.com/book/95150</a></p> <p>2.Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 1– Теория передачи и влияния [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 494 с. —Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5112">https://e.lanbook.com/book/5112</a></p> <p>3. Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи. В 2-х томах. Том 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 424 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/5113">https://e.lanbook.com/book/5113</a></p> |
|   |                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

При изучении дисциплины проводятся следующие виды учебных занятий и работ: лекции, практические занятия, домашние задания, тестирование, защита лабораторных

работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическими занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию, зачету и экзамену).

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержания (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекций проходит в классическом стиле. Студенту в режиме самостоятельной работы рекомендуется изучение короткометражных видеофрагменты по изучаемым вопросам.

При проведении практических занятий может использоваться доска, для расчетов и анализа данных могут применяться дополнительные справочные материалы. Предварительно изучая рекомендованную литературу студенты готовятся к практическому занятию - анализируют предложенные в учебнике примеры решения задач. На практических занятиях учебная группа делится на подгруппы по 5-7 человека. Каждой подгруппе выдаются свои исходных данные к рассматриваемым на занятии задачам. Решение задачи группа оформляет на доске и публично защищает. При возникновении трудностей преподаватель помогает группам в достижении положительного результата. В ходе проверки промежуточных результатов, поиска и исправления ошибок, осуществляется интерактивное взаимодействие всех участников занятия.

При проведении лабораторных работ подгруппа разбивается на команды по 2-3 человека. Каждой команде выдается задание на выполнение лабораторной работы (отличается характеристиками элементов полупроводниковых приборов). Студенты самостоятельно распределяют обязанности и приступают к выполнению задания, взаимодействуя между собой. Преподаватель контролирует ход выполнения работы каждой группой, проверяет правильность сборки электрических схем и подключения измерительных приборов. Уточняя ход работы, если студенты что-то выполняют не правильно, преподаватель помогает им преодолеть сложные моменты и проверяет достоверность полученных экспериментальных результатов. После оформления технического отчета команды отвечают на теоретические контрольные и дополнительные вопросы и защищают лабораторную работу.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность пользоваться учебно-методическими материалами и рекомендациями размещенными в электронной информационно-образовательной среде Модульного Динамического Обучения КубГУ.

Консультации проводятся раз в две недели для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении вопросов изучаемой дисциплины.

Таким образом, **основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе являются:** интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия – работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты или Microsoft Teams.

При изучении дисциплины могут применяться некоторые аспекты модели «перевернутого обучения» в режиме дискуссионно-ориентированного перевернутого класса или виртуального перевернутого класса: дистанционные образовательные технологии (электронное обучение) в форме смешанного обучения, основанного на

сочетании очного обучения и обучения компьютерными средствами, включающими некоторые аспекты в формате дистанционного обучения в соответствии с ФГОС ВО. В условиях развития электронной информационно-образовательной среды вуза в качестве управления обучением выбрана платформа Moodle, однако, совместно с ней для создания и публикации контента и учебных объектов используются: служба видео трансляции Microsoft Stream и инструмент для коммуникации и обратной связи Microsoft Teams.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Оптоэлектроника».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, расчетно-графических заданий и **промежуточной аттестации** в форме вопросов для подготовки к зачетному тестированию и вопросов и задач к зачёту.

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:

- Контрольные вопросы к лабораторным работам и требования к содержанию отчета.
- Варианты тестовых заданий.

Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции: ПК-3, ПК-4.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.01.02.03 «Оптоэлектроника».

##### **Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды:**

Объясните условие существования инверсной населённости.

Какими способами можно получить инверсию населённости в полупроводниках?

Перечислите и проанализируйте особенности работы лазеров на гетеропереходах.

Опишите по энергетическим диаграммам принцип работы полупроводникового лазера.

Рассчитайте по спектральной характеристике ЛД его когерентность в ГГц.

##### **Световоды:**

Как изменится нормированная частота ОВ, если увеличить длину волны?

Как изменится нормированная частота ОВ, если увеличить  $nc$ ?

Перечислите отличия симметричных и несимметричных мод в ОВ?

Чему равно минимальное значение длины волны для фундаментальной моды? Как связана постоянная распространения моды ОВ и длина волны?

Как связана постоянная распространения моды ОВ и показатель преломления сердцевинны ?

Косыми или меридиональными лучами формируется фундаментальная мода ОВ?

Какое поле преобладает в моде  $HE_{11}$ ?

От каких параметров и как зависит число мод в многомодовом ОВ?

##### **Потери в световодах:**

В какой области спектра для кварцевых ОВ находится максимум (максимумы) поглощения, вызванного электронным механизмом поляризации диэлектрика. Чем вызваны потери в кварцевых ООВ на длине волны 1383 нм?

Расположите в порядке увеличения потерь излучатели для кварцевого ММ световолокна:

Ne-He лазер; п/п лазер на GaAs; Er – лазер (усилитель); CO<sub>2</sub> - лазер?

Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654)?

Почему кварцевые ООВ не используются в системах связи на длинах волн видимого диапазона?

Для чего в тестерах для измерения затухания модулируется выходное излучение?

Перечислите факторы, которыми обусловлено затухание сигналов в световодах. Какой материал более прозрачен в области 3 – 5 мкм: триселенид мышьяка, диоксид кремния или диоксид германия?

Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются в системах связи на длинах волн дальнего ИК ( $L \gg 2$  мкм) диапазона?

Почему кварцевую оболочку ООВ делают гораздо более толстой (125 мкм), чем сердцевину (8-10 мкм)?

Перечислите три основных процесса, определяющих собственное затухание в световоде.

**Дисперсия импульсов в световодах:**

Мода низкого или высокого порядка раньше выйдет из световода?

Свет с длиной волны 0,85 мкм или 1,3 мкм или 1,55 мкм раньше выйдет из кварцевого световода?

Фазовая или групповая скорость отвечает за хроматическую дисперсию?

Из каких составляющих состоит хроматическая дисперсия?

В чем отличие терминов:

- дисперсия при классическом описании преломления света в призме - дисперсия при описании оптического сигнала в ОВ?

Перечислите факторы, которые определяют дисперсию сигналов ОВ?

Перечислите способы уменьшения влияния материальной дисперсии в ООВ?

Почему в градиентных МОВ модовая дисперсия проявляется значительно слабее, чем в ступенчатых?

Перечислите способы уменьшения влияния модовой дисперсии в ОВ.

Что происходит с материальной дисперсией для стандартного ООВ (Рек. ITU-T G.652) на длине волны около 1300 нм?

В каких единицах нормируется удельная хроматическая дисперсия?

Перечислите способы уменьшения влияния поляризационной модовой дисперсии в ОВ?

В каких единицах нормируется удельная материальная дисперсия?

Почему в ОВ возникает поляризационная модовая дисперсия (ПМД)?

Перечислите способы смещения точки нулевой дисперсии в область минимума потерь?

Почему стандартные ООВ (Рек. ITU-T G.652) мало приемлемы для совместной работы с эрбиевыми усилителями?

**Фотоприёмники:**

Чему равна граничная длина волны излучения, поглощаемого в полупроводнике?

В каком случае ток фотопреобразователя и фототок р-п-перехода почти совпадают по значению?

Чем определяется предельное значение  $U_{xx}$  для полупроводникового перехода? Как определить значение оптимальной нагрузки для фотопреобразователя?

**Оптроны:**

Назовите преимущества оптической связи элементов в электрических цепях. Какие недостатки имеют оптроны?

Чем объясняется низкий коэффициент полезного действия оптронов?

**ВОСП:** Перечислите типы линий связи и укажите их основные свойства.

Объясните особенности работы (преимущества и недостатки) оптических линий в открытом пространстве.

Сформулируйте требования, предъявляемые к ОНСП современной многоканальной и автоматической связью.

Перечислите преимущества ОНСП.

**Электрооптические модуляторы:** Объясните механизмы появления эффектов Керра и Поккельса.

Что происходит со световой волной при прохождении через четвертьволновую пластину?

Каким изменениям подвергается световая волна при прохождении через полуволновую пластину?

Существует ли линейная зависимость между показателем преломления и напряжённостью электрического поля в электрооптических явлениях?

**Акустооптические модуляторы:**

В чём различие между дифракцией Рамана-Ната и дифракцией Брэгга? Дифракция какого вида наблюдается в работе?

Как изменится дифракционная картина на экране, если использовать излучение лазера с другой длиной волны? От каких факторов зависит эффективность дифракции?

Влияет ли фоновая засветка фотодиода на ток фотодиода? На значение эффективности дифракции?

**Практические задания по учебной программе**

В результате выполнения практических заданий у студентов формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции:

ПК-3, ПК-4. Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.01.02.03 «Оптоэлектроника»

**Источники света. Светоизлучающие диоды. Лазерные диоды:**

Рассчитайте по спектральной характеристике ЛД его когерентность в ГГц.

Оцените по спектральной характеристике длину оптического резонатора.

Что такое апертура излучения? Объясните различие апертуры в плоскости р-п-перехода и в перпендикулярной плоскости.

Какие моды видны с помощью ПНВ и матового экрана? Почему с изменением тока меняется число мод?

Объясните механизм образования поперечных мод.

Сколько продольных и сколько поперечных мод наблюдается для данного лазера?

**Световоды:**

Чему может быть равна нормированная частота для фундаментальной моды ООВ : 1, 2, 3, 4, 5, 10, 100 или 1000 ?

Начиная с какой длины волны в одномодовых кварцевых ОВ появляется симметричная мода E01 : 850, 1200, 1300, 1550 или 1650 нм?

Начиная с какой длины волны в одномодовых кварцевых ОВ появляется фундаментальная мода HE11 : 850, 1200, 1300, 1550 или 1650 нм?



Косые или меридиальные лучи преобладают в ОВ? Какими параметрами и как отличаются МОВ и ООВ?

Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются на длинах волн видимого диапазона?

Почему кварцевые одномодовые ОВ не используются на длинах волн дальнего ИК диапазона ( $>2$  мкм)?

Почему кварцевую оболочку ООВ делают гораздо более толстой (125 мкм), чем сердцевину (10 мкм)? Где применяются кварцевые одномодовые световоды для длины волны 850 нм?

Как теоретически и практически определить (оценить) число мод, распространяющихся в световоде? Какая длина волны отсечки больше в волокне или в кабеле?

Чему равна минимальная и максимальная длина волны фундаментальной моды HE<sub>11</sub> кварцевого ООВ?

Чему равна минимальная и максимальная длина волны моды E<sub>01</sub> кварцевого ОВ? Число направляемых мод в каких световодах больше - ступенчатых или градиентных (при прочих равных условиях)? Назовите области применения волоконных световодов.

В какой плоскости поляризован луч, отражённый под углом Брюстера от оптически более плотной среды? Показать плоскость колебаний электрического вектора. Какие материалы используются при получении оптических волокон для сердцевины (оболочки)?

Перечислите основные характеристики оптических световодов (по возможности с указанием численных значений).

Почему световоды для ВОСП не изготавливаются с числовой апертурой заметно более 0,2 ?

Почему световоды для ВОСП не изготавливаются с числовой апертурой заметно менее 0,1?

Потери в световодах:

Какие факторы вносят наибольший вклад в потери стандартного одномодового оптического волокна, работающего во втором окне прозрачности?

Как зависит релеевское рассеяние от температуры затвердевания стекла? Для чего в оптических волокнах для работы в третьем окне прозрачности (1500 – 1625 нм) увеличивают длину волны отсечки с 1260 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.652 – стандартное ООВ) до 1480 нм (Рекоменд. МСЭ-Т G.654 – ООВ со смещенной длиной волны отсечки)? Чему равно допустимое увеличение потерь в ОВ при его укладке в оптическом кабеле? Почему резко увеличиваются потери в ОВ при его скручивании с диаметром петли менее 20 мм?

**Дисперсия импульсов в световодах:**

Какой длине волны соответствует нулевая материальная дисперсия в стандартном ООВ (Рек. ITU-T G.652) ?

Какой длине волны соответствует нулевая профильная дисперсия в стандартном ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652) ?

Какой длине волны соответствует нулевая волноводная дисперсия в стандартном ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652) ?

Какой длине волны соответствует нулевая хроматическая дисперсия в стандартном ООВ (Рек. ITU-T G.652)?

Какой длине волны соответствует нулевая поляризационная модовая дисперсия в ООВ?

Почему ОВ с ненулевой смещенной дисперсией (Рек. МСЭ-Т G.653) мало приемлемы для совместной работы с эрбиевыми усилителями?

Какой длине волны соответствует минимум дисперсии в стандартных ООВ (Рек. МСЭТ G.652) ?

В каком ОВ меньше значение дисперсии: в многомодовом градиентном или одномодовом ступенчатом?

Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в стандартном ООВ (Рек. ITUT G.652) в третьем окне прозрачности?

Чему равно типичное значение хроматической дисперсии в стандартном ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652) во втором окне прозрачности?

Перечислите способы увеличения скорости передачи информации в ОВ? Какой вид дисперсии преобладает в стандартных ООВ (Рек. МСЭ-Т G.652)?

#### **Фотоприёмники:**

Как определить значение оптимальной нагрузки для фотопреобразователя?

Как определяется предельный ток короткого замыкания солнечного элемента?

Какой ток диффузионный или дрейфовый создаёт фототок?

Перечислите факторы, снижающие КПД фотопреобразователя.

#### **Оптроны:**

Каковы функциональные назначения оптронов? Назовите основные характеристики и типы оптронов. Что определяет быстродействие оптронов?

#### **ВОСП:**

Покажите требования, предъявляемые к излучателям, соединителям, оптическим волокнам, фотоприёмникам в ВОСП. Перечислите принципы построения сети связи ВСС.

Чем отличаются требования к оптическим волокнам для магистральной, зоновой и локальной ВОСП?

Чем отличаются требования к оптическим кабелям для магистральной, зоновой и локальной ВОСП?

#### **Электрооптические модуляторы:**

Как изменяется проходящая через кристалл волна при приложении внешнего поля?

Чем обусловлена малая инерционность электрооптического эффекта?

Где применяются эффекты Поккельса и Керра?

Рассчитайте быстродействие исследуемого электрооптического модулятора.

Акустооптические модуляторы:

Какие факторы определяют быстродействие АОМ?

Какие эффекты вызывают конечную ширину полосы частот АОМ? Оцените ширину полосы частот исследуемого АОМ.

Объясните механизм большого изменения интенсивности дифракции при малом изменении частоты генератора.

#### **Тестовые задания по учебной программе**

В процессе выполнения тестовых заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции: ПК-3, ПК-4.

Тестовые задания состоит из 6–18 теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины. Во всех вопросах каждого теста предполагается выбор одного из 3-5-х возможных ответов.

Система оценок выполнения контрольного тестирования:

– «отлично» – количество правильных ответов от 85% до 100%;

– «хорошо» – количество правильных ответов от 70% до 84%;

– «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 55% до 69%.

Ниже приводятся примеры тестовых заданий для рабочей программы.

Полный комплект тестовых заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.01.02.03 «Оптоэлектроника».

**Тест по теме: «Световоды»**

1. Какие материалы используются для сердцевины при изготовлении кварцевых оптических волокон?

- а)  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$ ,
- б)  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,
- в)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,
- г)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

2. Какие материалы используются для оболочки при изготовлении оптических волокон?

- а)  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$ ,
- б)  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,
- в)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,
- г)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$

**Тест по теме: «Потери в световодах»**

1. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через 20 км ММ световолокна, если потери в световоде составляют 1 дБ/км?

- а) 0,01 раз.
- б) 10 раз.
- в) 100 раз.
- г) 1000 раз.

2. Рассчитайте потери в световоде, если фототок входного сигнала равен 10 мкА, а выходного 10 нА ?

- а) Потери составят 0,001 дБ.
- б) Потери составят 3 дБ.
- в) Потери составят 10 дБ
- г) Потери составят 30 дБ.

**Темы рефератов по учебной программе**

В процессе подготовки и написания реферата у студентов формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции: ПК-3, ПК-4.

Оптические усилители

Открытая оптическая связь. Поглощение лазерного излучения атмосферой

Локальные оптические сети

Аттенюаторы

Металлические элементы в конструкциях оптических кабелей

Влияние внешних факторов на прочность и параметры ОК

Солитонный режим передачи

Магистральные сети связи

Зоновая связь

Внутрипроизводственная связь

Разъёмы для многоволоконных кабелей. Фигурные соединители

Строение планарных и двухслойных световодов

Сети нового поколения (NGN)

Направляемые волны, волны оболочки и излучаемые волны

Оптические разветвители

Оптические фильтры

Оптические переключатели

Определение места и характера повреждения ВОЛС

Типы, конструкции и характеристики внутриобъектовых ОК

Типы, конструкции и характеристики специальных ОК

Типы, конструкции и характеристики монтажных ОК  
Технологии изготовления оптических кабелей связи  
Соединительные муфты городских и междугородных линий связи  
Рефлектометрические измерения в ВОЛС  
Методы измерения потерь в оптических волокнах  
Оптические изоляторы  
Соединительные муфты городских и междугородных линий связи  
Особенности сварки одномодовых оптических волокон  
Способы увеличения пропускной способности оптических волокон  
Потери в современных оптических волокнах  
Оптические волокна для широкополосной передачи G.656  
Оптические волокна для сетей доступа G.657  
Контрольные работы по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения контрольных работ формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции: ПК-3, ПК-4.

Ниже приводится пример контрольной работы в виде двух вариантов практических заданий.

#### **Вариант 1.**

Вычислить разность частот между модами полупроводникового лазера с длиной легированного слоя  $L=0,3$  мм при показателе преломления активной среды  $n = 3,8$ .

Определить время и длину когерентности света излучаемого полупроводниковым лазером на GaAlAs/GaAs, имеющим ширину спектральной линии излучения 2 нм при средней длине волны 0,82 мкм.

#### **Вариант 2.**

Определить число колебательных мод  $N$  лазера, имеющего ширину контура усиления  $\Delta f=20$  ГГц. Расстояние между зеркалами резонатора лазера  $L = 10$  см.

Рассчитайте длину волны излучения для п-п материала с шириной запрещённой зоны 1,24 эВ

### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

#### **4.2.1 Вопросы, выносимые на зачёт по дисциплине «Оптоэлектроника» для направления подготовки: 03.03.03 Радиофизика**

В процессе подготовки и сдачи экзамена формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ОПОП для направления 03.03.03 Радиофизика компетенции: ПК-3, ПК-4.

1. Современная оптоэлектроника. Электроны и фотоны как носители информации. Области применений, преимущества и особенности оптоэлектроники.

2. Принцип работы светоизлучающих диодов. Прямозонные и непрямозонные материалы для оптоэлектроники.

3. Полупроводниковые лазеры. Принцип работы. Продольные и поперечные моды. Условие образования инверсии населенности. Основные характеристики п/п лазеров.

4. Зонная диаграмма гетеропереходов. Подбор полупроводниковых материалов для гетероструктур. Особенности работы лазеров на двойной гетероструктуре.

5. Принцип работы световодов. Основные характеристики световодов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые световоды. Применения световодов.

6. Потери в световодах.
7. Ступенчатые и градиентные световоды. Материальная дисперсия. Внутримодовая дисперсия. Дисперсионные характеристики кварцевых световодов.
8. Классификация фотоприемников. Действие излучения на p/n переход. Вольтамперная характеристика полупроводниковых фотодиодов. Гальванический и диодный режимы работы фотодиода.
9. Лавинные и pin-фотодиоды.
10. Принцип работы фотоэлектрических преобразователей. Основные характеристики кремниевых солнечных преобразователей.
11. Акустооптический эффект. Акустооптические модуляторы, дефлекторы и их применение.
12. Электрооптический эффект. Электрооптические модуляторы и их применение.

### Критерии оценивания результатов обучения

| Оценка                                        | Критерии оценивания по экзамену                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Высокий уровень «5» (отлично)                 | оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Обнаружившему всестороннее систематическое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять практические задания, освоившему основную литературу и знакомому с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала |
| Средний уровень «4» (хорошо)                  | оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов. Обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешно выполнившему предусмотренные программой задачи, усвоившему основную рекомендованную литературу.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)     | оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, часть учебных заданий либо не выполнил до конца, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой. Обладающим необходимыми знаниями, но допустившим неточности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий.                                                                                                                           |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

### **Критерии оценивания по зачету:**

Тестовые задания состоят из 30–40 теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины 4-го семестра. В 50% всех вопросов каждого теста предполагается выбор одного из 2–4-х возможных ответов. В 50% вопросах необходимо написать правильный ответ самостоятельно.

Система оценок выполнения контрольного зачетного тестирования:

- «отлично» – количество правильных ответов от 90% до 100%;
- «хорошо» – количество правильных ответов от 75% до 90%;
- «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 60% до 75%.
- «не удовлетворительно» – количество правильных ответов менее 59%.

«**Зачтено**» выставляется обучающимся получившему по зачетному тесту оценки «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» - допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении практических заданий выносимых на зачет, но обладающим необходимыми знаниями и умениями для их устранения при корректировке со стороны преподавателя.

«**Не зачтено**» выставляется обучающемуся получившему по зачетному тесту оценку «не удовлетворительно» – т.е. обнаружившему существенные пробелы в знаниях основного программного материала по дисциплине, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий (отсутствие знаний значительной части программного материала; непонимание основного содержания теоретического материала; неумение применять теоретические знания при решении практических задач; допустившему принципиальные ошибки.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1. Учебная литература**

1. Игнатов, А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017. – 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95150>

2. Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] —Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94575>

3. Давыдов, В.Н. Физические основы оптоэлектроники. Учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб./ В.Н. Давыдов ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Томск : ТУСУР, 2016. - 139 с. -- Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=480763](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=480763)

4. С. Н. Чеботарев, М. Л. Лунина, Д. Л. Алфимова. Наноструктуры AIV BIV и AIII BV для устройств оптоэлектроники ; Рос. акад. наук, Южный научный центр. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. - 274 с BIV и AIII BV для устройств оптоэлектроники ; Рос. акад. наук, Южный научный центр. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. - 274 с

### **5.2. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

**Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы**

#### **КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

Для создания и публикации контента и учебных объектов преподавателем используется служба видео трансляции и инструмент для электронной коммуникации и обратной связи со студентами из перечня возможных к применению на начало соответствующего семестра.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 03.03.03 Радиофизика, отводится около 41,7 % времени от общей трудоемкости дисциплины (108 час.). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Оптоэлектроника».

Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний, получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Оптоэлектроника» также относится электронный вариант учебного пособия по данной дисциплине, включающий в себя:

- лекционный курс дисциплины «Оптоэлектроника»);
- контрольные вопросы по каждому разделу учебной дисциплины; – список задач по каждому разделу учебной дисциплины.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Оптоэлектроника» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

| Наименование специальных помещений                                                           | Оснащенность специальных помещений                                                                                | Перечень лицензионного программного обеспечения                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа                                    | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер                               | Операционная система MS Windows,<br>Интегрированное офисное приложение MS Office<br>Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет. |
| Учебные аудитории для проведения, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер                               | Операционная система MS Windows,<br>Интегрированное офисное приложение MS Office<br>Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет. |
| Лаборатория – 325С                                                                           | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер,<br>Лабораторное оборудование | Операционная система MS Windows,<br>Интегрированное офисное приложение MS Office<br>Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет. |



Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

| Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся                       | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки) | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207)                          | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника (на основе тонких клиентов) с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет.                                                     |