Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.10.2023 14:31:18
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«27» апреля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптические устройства в радиоэлектронике

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Профиль
Системы дальней связи

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2023 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «Автоматика и управление»,
к.т.н.  А.А. Филимонова/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3 Структура и содержание дисциплины ... 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины ... 6
3.3 Содержание дисциплины ... 7
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 8
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 9
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 9
4.1 Нормативные документы и ГОСТы ... 9
4.2 Основная литература ... 9
4.3 Дополнительная литература ... 9
4.4 Электронные образовательные ресурсы ... 9
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 10
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 10
5 Материально-техническое обеспечение ... 10
6 Методические рекомендации ... 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 10
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 11
7 Фонд оценочных средств ... 12
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 12
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 14
7.3 Оценочные средства ... 18

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины являются формирование у студентов общих представлений о принципах действия основных направляющих структур и приборов и устройств, применяемых в волоконно-оптических линиях связи, базирующихся на основных положениях электродинамики и квантовой физики.

Задачами дисциплины является ознакомление с основными конструкциями и характеристиками диэлектрических волноводов, применяемых в волоконно-оптических линиях связи; ознакомление с инжекционной люминесценции в полупроводниках; изучение характеристик светоизлучающих диодов; ознакомление студентов с теоретическими основами работы оптических квантовых усилителей и генераторов; изучение характеристик полупроводниковых лазеров; изучение основных физических процессов в фотодиодах, определяющих их параметры и характеристики.

Обучение по дисциплине «Оптические устройства в радиоэлектронике» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
ПК-8. Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения	ИПК-8.1 Применяет методы исследования радиоэлектронных средств и технологий передачи, обработки и приема информации; ИПК-8.2 Эксплуатирует радиоэлектронные средства в соответствии с инструкциями и типовыми методиками работы; ИПК-8.3 Проводит исследования характеристик радиоэлектронных средств и технологий.	**Знать:** принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов и фотодиодов для оптических систем связи; принципы построения и проектирования волоконно-оптических линий связи. **Уметь:** строить физические и математические модели волоконных световодов для оптических систем связи; оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры, связанной с волоконно-оптическими линиями связи. **Владеть:** методикой расчета затухания, дисперсии световодов и длины регенерационного участка волоконно-оптической линии связи; информацией, позволяющей проводить расчеты параметров ступенчатого и градиентного волоконных световодов для одномодового и многомодового режимов

		работы с использованием пакетов прикладных программ.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Введение в профессию
Волоконная оптика в системах связи
Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств
Производственная практика (проектно-технологическая)
Производственная практика (технологическая)
Радиотехнические системы дальней связи
Радиотехнические цепи и сигналы
САПР радиоэлектронных средств
Физические основы микроэлектроники
Электроника

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**90**
	В том числе:		
2.1	Подготовка к лекциям	24	24
2.2	Подготовка к практическим занятиям	24	24
2.3	Подготовка к лабораторным занятиям	24	24
2.4	Подготовка к экзамену по дисциплине	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	-	Э
	Итого	**144**	**144**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Пленочные волноводы для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС)**	**36**	**4**	**8**	**6**	**0**	**24**
1.1	Тема 1. Однородные планарные оптические волноводы Явление полного внутреннего отражения Оптические пленочные волноводы		2	2	0	0	4
1.2	Тема 2. Направляемые моды оптического пленочного волновода		0	2	0	0	8
1.3	Тема 3. Волны слабонаправляющей пленки Волны симметричного диэлектрического слоя. Затухание направляемых волн пленочного волновода		2	2	0	0	4
1.4	Тема 1.4. Волновое решение для направляемых мод пленочного волновода Унифицированная форма записи дисперсионного уравнения волн пленочного волновода		0	2	6	0	8
2	**Раздел 2. Градиентные волоконные световоды**	**22**	**6**	**0**	**0**	**0**	**16**
2.1	Тема 1. Неоднородные (градиентные) пленочные волноводы. Приближение геометрической оптики		2	0	0	0	4
2.2	Тема 2. Волновой анализ градиентного пленочного волновода		2	0	0	0	8
2.3	Тема 3. Волновой расчет мод в волокнах с параболическим профилем показателя преломления.		2	0	0	0	4
3	**Раздел 3. Полосковые диэлектрические волноводы**	**24**	**6**	**2**	**0**	**0**	**16**
3.1	Тема 1. Трехмерные полосковые волноводы		2	2	0	0	4
3.2	Тема 2. Пленочные волноводы, нагруженные полоской		2	0	0	0	8
3.3	Тема 3. Гребневые волноводы. Профильно-пленочные волноводы		2	0	0	0	4
4	**Раздел 4. Полупроводниковые источники оптического излучения**	**42**	**2**	**4**	**12**	**0**	**24**

4.1	Тема 1. Спонтанные и вынужденные переходы. Условия усиления в квантовой системе. Люминесценция полупроводников. Излучательная и безизлучательная рекомбинация. Ожерекомбинация, внутренний и внешний квантовый выход.		0	2	0	0	4
4.2	Тема 2. Инверсия населенности. Накачка и их виды. Инжекционная люминесценция. Эффективность инжекционной люминесценции, гетеропереходы		0	2	6	0	8
4.3	Тема 3. Оптический квантовый генератор (ОКГ). Уравнение баланса. Стационарный режим работы ОКГ. Спектральные характеристики излучения ОКГ		0	0	6	0	4
4.4	Тема 4. Светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры: конструкции, параметры, КПД, спектральные диапазоны излучения, направленность излучения, быстродействие, вопросы надежности и долговечности.		2	0	0	0	8
5	**Раздел 5. Приемники оптического излучения**	**14**	**0**	**4**	**0**	**0**	**10**
5.1	Тема 1. Виды и физические основы работы приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников.		0	2	0	0	4
5.2	Тема 2.Фотодиоды – принцип действия, конструкции и характеристики. Фотодиоды на p-n переходе, p-i-n- диоды, лавинные фотодиоды		0	2	0	0	6
	Итого	**144**	**18**	**18**	**18**	**0**	**90**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Пленочные волноводы для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС)

Тема 1. Однородные планарные оптические волноводы Явление полного внутреннего отражения Оптические пленочные волноводы

Тема 2. Направляемые моды оптического пленочного волновода

Тема 3. Волны слабонаправляющей пленки Волны симметричного диэлектрического слоя. Затухание направляемых волн пленочного волновода

Тема 1.4. Волновое решение для направляемых мод пленочного волновода Унифицированная форма записи дисперсионного уравнения волн пленочного волновода

Раздел 2. Градиентные волоконные световоды

Тема 1. Неоднородные (градиентные) пленочные волноводы. Приближение геометрической оптики

Тема 2. Волновой анализ градиентного пленочного волновода

Тема 3. Волновой расчет мод в волокнах с параболическим профилем показателя преломления.

Раздел 3. Полосковые диэлектрические волноводы

Тема 1. Трехмерные полосковые волноводы

Тема 2. Пленочные волноводы, нагруженные полоской

Тема 3. Гребневые волноводы. Профильно-пленочные волноводы

Раздел 4. Полупроводниковые источники оптического излучения

Тема 1. Спонтанные и вынужденные переходы. Условия усиления в квантовой системе. Люминесценция полупроводников. Излучательная и безизлучательная рекомбинация. Ожерекомбинация, внутренний и внешний квантовый выход.

Тема 2. Инверсия населенности. Накачка и их виды. Инжекционная люминесценция. Эффективность инжекционной люминесценции, гетеропереходы

Тема 3. Оптический квантовый генератор (ОКГ). Уравнение баланса. Стационарный режим работы ОКГ. Спектральные характеристики излучения ОКГ

Тема 4. Светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры: конструкции, параметры, КПД, спектральные диапазоны излучения, направленность излучения, быстродействие, вопросы надежности и долговечности.

Раздел 5. Приемники оптического излучения

Тема 1. Виды и физические основы работы приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников.

Тема 2.Фотодиоды – принцип действия, конструкции и характеристики. Фотодиоды на p-n переходе, p-i-n- диоды, лавинные фотодиоды

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Радиотехнические устройства для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Основные свойства источников и приемников для ВОЛС. Структурная схема ВОЛС.

Практическое занятие 2. Одномодовые и многомодовые световоды. Лучи и волны в оптическом световоде. Типы волн в световоде

Практическое занятие 3. Собственные волны круглого диэлектрического волновода

Практическое занятие 4. Затухание и дисперсия в волоконном световоде. Пропускная способность волоконного световода. Длина регенерационного участка

Практическое занятие 5. Конструкции оптических кабелей. Монтаж. Сварка

Практическое занятие 6. Люминесценция полупроводников. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Внутренний и внешний квантовый выход.

Практическое занятие 7. Инжекционная люминесценция

Практическое занятие 8. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников.

Практическое занятие 9. Быстродействие p-i-n- фотодиодов

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторное занятие 1-3. Лабораторная работа 1. Исследование параметров открытых оптических резонаторов

Лабораторное занятие 4-6. Лабораторная работа 2. Исследование свойств света при отражении и преломлении с использованием программного пакета MATLAB. Поляризация. Отражение и преломление волн. Формулы Френеля.

Лабораторное занятие 7-9. Лабораторная работа 3. Исследование свойств света при отражении и преломлении. Анализ энергетических соотношений с использованием программного пакета MATLAB.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Шарангович, С. Н. Многоволновые оптические системы связи : учебное пособие / С. Н. Шарангович. — Москва : ТУСУР, 2022. — 120 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/313793.

2. Шарангович, С. Н. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи : учебное пособие / С. Н. Шарангович. — 4-е изд., доп. — Москва : ТУСУР, 2022. — 124 с. — ISBN 5-56889-319-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/313790.

3. Шандаров, В. М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления : учебно-методическое пособие / В. М. Шандаров. — Москва : ТУСУР, 2012. — 31 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/11562.

4. Ким, А. А. Исследование пассивных волоконно-оптических элементов и устройств : учебное пособие / А. А. Ким, Л. Б. Кочин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122063.

4.3 Дополнительная литература

1. Давыдов, В. Н. Квантовые приборы и устройства : учебное пособие / В. Н. Давыдов. — Москва : ТУСУР, 2018. — 112 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/313871.

2. Юрчук, С. Ю. Приборы квантовой и оптической электроники. Лабораторный практикум : учебное пособие / С. Ю. Юрчук. — Москва : МИСИС, 2023. — 124 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/360359.

3. Юрчук, С. Ю. Приборы квантовой и оптической электроники. Светоизлучающие и лазерные структуры. Курс лекций : учебное пособие / С. Ю. Юрчук, М. П. Коновалов. — Москва : МИСИС, 2020. — 92 с. — ISBN 978-5-907226-44-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/156021.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрены

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. Microsoft-Windows
3. Math Works-MATLAB, Simulink

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru
2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru
3. Официальный интернет-портал правовой информации http://pravo.gov.ru.
4. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
5. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).
2. Специализированная аудитория для проведения лабораторных работ. Оборудование и аппаратура: осциллографы, комплект типового лабораторного оборудования "Основы электроники"; ОЭ1-С-Р (стендовое исполнение, ручная версия).
3. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к лабораторным и практическим работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса.

Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенной лабораторной работы. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «Оптические устройства в радиоэлектронике» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– защита и обсуждение отчетов по практическим работам;

– технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов направлена на решение следующих задач:

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным работам и подготовка к их защите;
- подготовка к экзамену.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;

- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- практические работы;
- лабораторные работы;
- тестирование;
- контрольная работа;
- экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**Наименование компетенции выпускника**
ПК-8	Способен исследовать и эксплуатировать радиоэлектронные средства и технологии, обеспечивающие передачу, обработку и прием информации по сетям связи различного назначения

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Оптические устройства в радиоэлектронике».

1	Текущий	Практическая работа	Практическая работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите практической работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о практической работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему практической работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
2	Текущий	Тестирование	Тестирование проводится на последнем занятии изучаемой темы. Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных

			тест-заданий на бумажном носителе. В рамках тестирования проверяется владение терминологией и знание теоретической базы.
3	Текущий	Контрольная работа	Решение контрольной работы осуществляется на последнем занятии изучаемой темы. Студенту выдаются 3 задания. Контрольная работа выполняется индивидуально каждым студентом. При проверке преподаватель оценивает правильность произведенных расчетов, формул, использования терминологии и выводы.
4	Текущий	Лабораторная работа	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
5	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут). К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по

			дисциплине «Оптические устройства в радиоэлектронике».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов и фотодиодов для оптических систем связи; принципы построения и проектирования волоконно-оптических линий связи.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов и фотодиодов для оптических систем связи; принципы построения и проектирования волоконно-оптических линий связи.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов и фотодиодов для оптических систем связи; принципы построения и проектирования волоконно-оптических линий связи. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов и фотодиодов для оптических систем связи; принципы построения и проектирования волоконно-оптических линий связи. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых лазеров, светоизлучающих диодов и фотодиодов для оптических систем связи; принципы построения и проектирования волоконно-оптических линий связи. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: строить физические и математические модели волоконных световодов для оптических систем связи; оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры, связанной с волоконно-	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: строить физические и математические модели волоконных световодов для оптических систем связи; оценивать техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры,	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: строить физические и математические модели волоконных световодов для оптических систем связи; оценивать техническое состояние радиоэлектронной	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: строить физические и математические модели волоконных световодов для оптических систем связи; оценивать техническое состояние радиоэлектронной	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: строить физические и математические модели волоконных световодов для оптических систем связи; оценивать техническое состояние

оптическими линиями связи.	связанной с волоконно-оптическими линиями связи.	аппаратуры, связанной с волоконно-оптическими линиями связи. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	аппаратуры, связанной с волоконно-оптическими линиями связи. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	радиоэлектронной аппаратуры, связанной с волоконно-оптическими линиями связи. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методикой расчета затухания, дисперсии световодов и длины регенерационного участка волоконно-оптической линии связи; информацией, позволяющей проводить расчеты параметров ступенчатого и градиентного волоконных световодов для одномодового и многомодового режимов работы с использованием пакетов прикладных программ.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методикой расчета затухания, дисперсии световодов и длины регенерационного участка волоконно-оптической линии связи; информацией, позволяющей проводить расчеты параметров ступенчатого и градиентного волоконных световодов для одномодового и многомодового режимов работы с использованием пакетов прикладных программ.	Обучающийся в недостаточной степени владеет: методикой расчета затухания, дисперсии световодов и длины регенерационного участка волоконно-оптической линии связи; информацией, позволяющей проводить расчеты параметров ступенчатого и градиентного волоконных световодов для одномодового и многомодового режимов работы с использованием пакетов прикладных программ. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет: методикой расчета затухания, дисперсии световодов и длины регенерационного участка волоконно-оптической линии связи; информацией, позволяющей проводить расчеты параметров ступенчатого и градиентного волоконных световодов для одномодового и многомодового режимов работы с использованием пакетов прикладных программ. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет: методикой расчета затухания, дисперсии световодов и длины регенерационного участка волоконно-оптической линии связи; информацией, позволяющей проводить расчеты параметров ступенчатого и градиентного волоконных световодов для одномодового и многомодового режимов работы с использованием пакетов прикладных программ. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамена.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует

	приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля.

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Подготовка и защита отчета по практической работе	Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.	В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по практическим работам. Отчет по практической работе содержит расчеты, выводы. Защита отчета по практической работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие практическую работу к защите не допускаются

Контрольная работа по теме раздела	Отлично - Работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, либо некоторые из выполненных заданий содержат незначительные ошибки Хорошо - Уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Удовлетворительно -Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой заданий не выполнено; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий. Неудовлетворительно - Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, предусмотренные программой задания не выполнены	Защита темы включает решение задач в аудитории в течение одной пары и проходит после изучения соответствующего раздела. Билеты состоят из вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1,5 часа.
Тестирование по пройденной теме	Тест содержит 20 заданий, правильный ответ на 1 задание соответствует 1 баллу. Время тестирования - 30 минут. Студенту предоставляется две попытки для прохождения теста. Максимальная оценка за тест - 20 баллов. Тест считается успешно пройденным, если студент дал не менее 60%	Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки

	правильных ответов (набрал не менее 12 баллов).	при проведении промежуточной аттестации.
Выполнение и защита лабораторной работы	Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.	В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по лабораторным работам. К выполнению экспериментальной части лабораторной работы допускаются студенты, подготовившие протоколы выполнения лабораторной работы. Протоколы оформляются в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Отчет по лабораторной работе содержит протокол проведения лабораторной работы, расчеты, графическую часть, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие лабораторную работу к защите не допускаются

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Типовые вопросы для защиты практических работ

1. Радиотехнические устройства для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).
2. Основные свойства источников и приемников для ВОЛС.
3. Структурная схема ВОЛС
4. Явление полного внутреннего отражения.
5. Типы волн оптического волновода
6. Ступенчатые и градиентные волоконные световоды.
7. Приближение геометрической оптики
8. Одномодовые и многомодовые световоды.
9. Лучи и волны в оптическом световоде
10. Волновое решение для направляемых мод круглого диэлектрического волновода.
11. Собственные волны круглого диэлектрического волновода.
12. Затухание в волоконном световоде.
13. Окна прозрачности кварцевого волоконного световода

14. Запись дисперсионного уравнения волн.
15. Критические частоты собственных волн.
16. Пропускная способность волоконного световода.
17. Длина регенерационного участка
18. Спонтанные и вынужденные переходы.
19. Люминисценция полупроводников.
20. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.
21. Излучательная и безизлучательная рекомбинация.
22. Ожерекомбинация, внутренний и внешний квантовый выход.
23. Инверсия населенности.
24. Накачка и их виды.
25. Инжекционная люминисценция.
26. Эффективность инжекционной люминисценции, гетеропереходы
27. Виды и физические основы работы приемников оптического излучения.
28. Шумы фотоприемников.
29. Чувствительность и пороговые характеристики фотоприемников
30. Фотодиоды – принцип действия, конструкции и характеристики.
31. Фотодиоды на p-nпереходе, p-i-n- диоды, лавинные фотодиоды

Типовые вопросы для защиты лабораторных работ

1. Какие типы резонаторов обычно используются в СВЧ диапазоне?
2. От чего зависит добротность полого металлического резонатора?
3. Какие характеристики закрытого резонатора ухудшаются при уменьшении его добротности?
4. Почему закрытый металлический резонатор малых размеров ($a \approx \lambda$) не может быть использован в оптическом диапазоне?
5. Почему закрытый металлический резонатор больших размеров ($a >> \lambda$) не может быть использован в оптическом диапазоне?
6. Почему в открытом резонаторе спектр собственных колебаний значительно разрежен по сравнению с закрытым резонатором?
7. Перечислить основные параметры открытых резонаторов. Пояснить их физический смысл.
8. Как изменяется с ростом частоты добротность закрытого металлического резонатора фиксированных размеров? При этих же условиях изменяется ли ширина резонансной кривой собственных типов колебаний?
9. Как изменяется частотный «зазор» между соседними колебаниями закрытого резонатора?
10. Какой интервал частот разделяет два соседних продольных типа колебаний открытого резонатора? Изменяется ли он с возрастанием частоты?
11. Какие виды потерь определяют добротность открытого резонатора?
12. Почему дифракционные потери неустранимы принципиально? Как можно уменьшить эти потери?
13. Пояснить сущность понятия «зоны Френеля».
14. От чего зависит число зон Френеля, укладывающихся на поверхности зеркала открытого резонатора?
15. Что определяет продолжительность «жизни фотона» в открытом резонаторе?
16. Дать общее определение устойчивых и неустойчивых открытых резонаторов.

17. Привести математическую запись критерия устойчивости открытого резонатора
18. Перечислите особенности гидросферных оптических систем связи
19. Из каких элементов состоит система гидросферной оптической связи
20. Перечислите основные параметры источников излучения
21. Перечислите основне параметры и свойства приемников излучения
22. Классификация физико-химических свойств воды
23. Основные факторы влияющие на передачу оптического излучения в гидросфере
24. Как организуется передача по каналу прямой видимости
25. Как организуется передача по каналу непрямой видимости
26. Методика расчета дальности в системе инженерных расчетов MATLAB
27. Опишите методику определения допустимой дальности беспроводного гидросферного оптического канала связи.

Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию.

1. Назовите основные достоинства оптических систем
- многоканальность
- высокое быстродействие
- большая информационная емкость
- все перечисленные

2. Преимущества Брэгговских модуляторов по сравнению с модуляторами Рамана - Ната
- более высокочастотные
- перекачка дифрагированной энергии в несколько дифракционных максимумов
- позволяют анализировать сигналы на промежуточной частоте, а не на основной
- большая интенсивность световых волн

3. Быстродействие АОАС - это время, в течение которого апертура (D) модулятора заполняется
- на 80%
- на 50%
- на 90%
- на 60%

4. В АОС динамический диапазон может быть ограничен несколькими причинами. Какими?
- оптические шумы лазера
- шумы усилителей радиосигнала
- шумы всего приемного тракта формирования радиосигналов
- Все перечисленные

5. Для описания амплитудной характеристики фотопленки в силу квадратичности фотоприемников используют
- Коэффициент пропускания по времени
- Коэффициент пропускания по частоте
- Коэффициент пропускания по интенсивности
- Коэффициент пропускания по уровню сигнала

6. Что характеризует пространственно – частотная характеристика фотопленки?
- точность воспроизведения формы сигнала при записи
- точность воспроизведения уровня сигнала при записи
- точность воспроизведения формы сигнала при воспроизведении
- точность воспроизведения уровня сигнала при воспроизведении

7. На каком явлении основан принцип действия акустооптического модулятора?
- явление интерференции света на ультразвуковых колебаниях

- явление дифракции света на периодических структурах
- явление интерференции света на периодических структурах
- явление дифракции света на ультразвуковых колебаниях

8. Основное свойство одноканальных АОАС
- позволяют определять только спектр анализиуемого сигнала
- позволяют обрабатывать сигналы с ФАР
- позволяют определять частоту и направление радиоизлучения по отношению к антенной системе
- позволяют определять спектр и амплитуду мощности анализируемого сигнала

9. Чем обусловлена материальная дисперсия в ОВ?
- различной длиной пути, пробегаемого каждой модой
- зависимостью скорости оптического излучения (или показателя преломления вещества) от длины волны
- различной поляризацией в волокне
- поглощением и рассеянием оптической энергии

10. Какие требования предъявляются к характеристикам ФПУ?
- высокая эффективность преобразования оптических сигналов в электрические
- высокое быстродействие
- низкий уровень шумов, возникающих в процессе демодуляции оптического излучения
- все перечисленные

Примеры заданий для контрольной работы 1

1. Рассчитать потери на поглощение (дБ/км) в волоконном световоде выполненным из кварцевого стекла коэффициент преломления сердцевины n=1,5; tgδ=10-4 на длине волны 1,3мкм

2. Рассчитать потери на Релеевское рассеяние (дБ/км) в волоконном световоде выполненным из кварцевого стекла (коэффициент рассеяния 0,8 (мкм4 ×дБ)/км на длине волны 1,3мкм

3. Рассчитать уширение импульса за счет волноводной дисперсии при степени монохроматичности источника оптического сигнала 10-6 на в волоконном световоде длиной 1км, выполненным из кварцевого стекла (коэффициент преломления сердцевины n=1,5; а оболочки n=1,46)

4. Рассчитать уширение импульса за счет волноводной дисперсии при степени монохроматичности источника оптического сигнала 10-6 на в волоконном световоде длиной 1км, выполненным из кварцевого стекла (коэффициент преломления сердцевины n=1,5; а оболочки n=1,46)

Примеры заданий для контрольной работы 2

1. Луч света направлен из воздушной среды в торец стекловолокна (n=1,40). В некотором интервале значений угла падения (0 макс ≤ γ ≤ γ) преломленный луч испытывает полное внутреннее отражение на цилиндрической поверхности волокна. Определить макс γ и вычислить угловую апертуру макс A = sinγ данного световода.

2. Вычислить угловую апертуру волоконного световода с полимерной оболочкой. Коэффициенты преломления жилы (сердцевины) и оболочки: nж =1,40; nоб =1,30.

3. На нижнем уровне число частиц – 1018 см -3 . При какой концентрации частиц на верхнем уровне наступит инверсия населенности?

4. Определить добротность плоского резонатора, если длина волны и ширина линии генерации равны соответственно -1мкм и 0,1 нм

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. Структурная схема ВОЛС.	ПК-8
2. Явление полного внутреннего отражения. Оптические пленочные волноводы. Ступенчатые и градиентные волоконные световоды. Одномодовые и многомодовые световоды.	ПК-8
3. Типы волн оптического волновода	ПК-8
4. Направляемые моды оптического пленочного волновода	ПК-8
5. Волны слабонаправляющей пленки Волны симметричного диэлектрического слоя.	ПК-8
6. Затухание направляемых волн пленочного волновода.	ПК-8
7. Волновое решение для направляемых мод пленочного волновода	ПК-8
8. Унифицированная форма записи дисперсионного уравнения волн пленочного волновода	ПК-8
9. Неоднородные (градиентные) пленочные волноводы. Приближение геометрической оптики	ПК-8
10. Волновой анализ градиентного пленочного волновода	ПК-8
11. Волновой расчет мод в волокнах с параболическим профилем показателя преломления.	ПК-8
12. Трехмерные полосковые волноводы	ПК-8
13. Пленочные волноводы, нагруженные полоской	ПК-8
14. Гребневые волноводы. Профильно-пленочные волноводы	ПК-8
15. Волны диэлектрического волновода.	ПК-8
16. Критические частоты собственных волн диэлектрического волновода.	ПК-8
17. Затухание направляемых волн оптического волновода.	ПК-8
18. Окна прозрачности кварцевого волоконного световода	ПК-8
19. Дисперсия направляемых волн оптического волновода	ПК-8
20. Длина регенерационного участка оптического волновода	ПК-8
21. Конструкции оптических кабелей. Монтаж. Сварка	ПК-8
22. Спонтанные и вынужденные переходы. Физические основы усиления и генерации лазерного излучения.	ПК-8
23. Инверсия населенностей. Квантовые усилители.	ПК-8
24. Люминесценция полупроводников. Излучательная и безизлучательная рекомбинация.	ПК-8
25. Условия усиления в полупроводниках.	ПК-8
26. Инжекционная люминесценция.	ПК-8
27. Явления, происходящие при контакте двух типов полупроводников.	ПК-8
28. Гетеропереходы. Двухсторонние гетеростуктуры.	ПК-8
29. Типы полупроводниковых материалов используемых для полупроводниковых источников. Твердые растворы.	ПК-8
30. Конструкции светоизлучающих диодов.	ПК-8
31. Параметры и характеристики светоизлучающих диодов.	ПК-8
32. Временные характеристики светоизлучающих диодов.	ПК-8
33. Конструкции полупроводниковых лазеров.	ПК-8
34. Параметры и характеристики полупроводниковых лазеров. Пороговый ток.	ПК-8
35. Деградация полупроводниковых лазеров.	ПК-8
36. Приемники оптического излучения. Параметры и характеристики приемников.	ПК-8

37. Фотодиод. Принцип работы. Режимы работы.	ПК-8
38. Параметры и характеристики фотодиодов.	ПК-8
39. Разновидности фотодиодов.	ПК-8
40. Конструкции фотодиодов.	ПК-8
41. Временные характеристики фотодиодов.	ПК-8
42. Шумы фотоприемников.	ПК-8
43. Спектральные характеристики фотодиода	ПК-8

Типовой вариант билета

по дисциплине **«Оптические устройства в радиоэлектронике»**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Дисциплина «Оптические устройства в радиоэлектронике»
Курс 3, семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ

1. Типы волн оптического волновода.
2. Временные характеристики светоизлучающих диодов.
3. Рассчитать уширение импульса за счет волноводной дисперсии при степени монохроматичности источника оптического сигнала 10-6 на в волоконном световоде длиной 1км, выполненным из кварцевого стекла (коэффициент преломления сердцевины n=1,5; а оболочки n=1,46)