МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы и устройства радиофотоники в системах радиосвязи

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Защищенные системы связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РСС, Кафедра радиоэлектроники и систем связи**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	26	26	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Самостоятельная работа	84	84	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е.

Экзамен: 2 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36809

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от « 3 » 7 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РСС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор ТУСУР, каф. РСС	_____	А. С. Задорин
Заведующий обеспечивающей каф. РСС	_____	А. В. Фатеев

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. РСС	_____	А. В. Фатеев

Эксперты:

Профессор кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС)	_____	Б. И. Авдоченко
Старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС)	_____	Ю. В. Зеленецкая

Согласована на портале № 36809

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов фундаментальных знаний об основных положениях радиофотоники, приобретение навыков применения этих положений для решения задач синтеза и анализа алгоритмов и устройств генерации, приема и обработки широкополосных радиосигналов с помощью радиофотонных устройств, знакомство с тенденциями развития радиофотонных сетей и систем связи.

1.2. Задачи дисциплины

– Задачами изучения дисциплины является знакомство с современными принципами передачи и обработки информации на основе использования радиофотонных методов и устройств, а также с физикой работы с их конструктивными особенностями этих приборов;

– Освоение студентом радиофотонных методов генерации и обработки сигналов радиодиапазона;

–

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы и устройства радиофотоники в системах радиосвязи» (Б1.В.ОД.4) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Технические средства защиты систем связи.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты, Методы проектирования защищенных систем связи.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-3 способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС;

– ОПК-4 способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации;

– ПК-11 готовностью к проведению групповых (семинарских и лабораторных) занятий в организации по специальным дисциплинам на основе современных педагогических методов и методик, способностью участвовать в разработке учебных программ и соответствующего методического обеспечения для отдельных дисциплин основной профессиональной образовательной программы высшего образования образовательной организации, готовностью осуществлять кураторство научной работы обучающихся;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** тенденции и перспективы развития радиофотоники; тенденции и перспективы ее развития, а также смежных областей науки и техники; основные теоретические положения радиофотоники, особенности конструирования устройств радиофотоники; принципы работы и характеристики устройств радиофотоники, выполняемых на основе оптических и СВЧ элементов.

– **уметь** применять знания и методики в области техники и технологий электросвязи, основанных на обработке радиосигналов в оптическом диапазоне; рассчитывать их характеристики; производить обоснованный выбор элементной базы.

– **владеть** методами проектирования элементов и устройств радиофотоники; принципами управления и измерения их режимов работы; методами проведения исследований в области радиофотоники.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры

Согласована на портале № 36809

		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	60	60
Лекции	18	18
Практические занятия	26	26
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	84	84
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	52	52
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	24	24
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
2 семестр						
1 Введение	1	0	0	2	3	ОПК-3
2 Математические основы радиофотоники.	1	2	0	4	7	ОПК-3, ОПК-4
3 Физические основы радиофотоники	1	2	0	3	6	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
4 Фильтрация оптических сигналов в свободном пространстве.	1	0	0	4	5	ОПК-3, ОПК-4
5 Источники излучения и оптические усилители радиофотонных систем	1	2	0	8	11	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
6 Фотоприемники	2	2	0	6	10	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
7 Устройства управления оптическим излучением	2	2	0	5	9	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
8 Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем	2	2	8	8	20	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
9 Методы радиофотоники при построении генераторов радиосигналов СВЧ-диапазона	2	4	4	12	22	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
10 Использование оптических микрорезонаторов для обработки радиосиг-	1	2	0	8	11	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11

Согласована на портале № 36809

налов СВЧ-диапазона						
11 Линейные радиооптические антенные решетки с многоканальными модуляторами света	1	4	0	10	15	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
12 Защищенные системы квантовой оптической связи	3	4	4	14	25	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
Итого за семестр	18	26	16	84	144	
Итого	18	26	16	84	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Введение	Понятие радиофотоники. Особенности методов радиофотоники при обработке сигналов.	1	ОПК-3
	Итого	1	
2 Математические основы радиофотоники.	Описание сигналов. Двумерное преобразование Фурье и его свойства. Понятия, воздействия и реакции системы, системного оператора.	1	ОПК-4
	Итого	1	
3 Физические основы радиофотоники	Спонтанное и стимулированное излучение. Спектры излучения, ширина линии. Особенности распространения световых волн. Понятие волнового поля. Плоские монохроматические волны. Модель дифракции волн Френеля-Кирхгофа.	1	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	1	
4 Фильтрация оптических сигналов в свободном пространстве.	Свободное пространство как фильтр пространственных частот. Волновое поле при аксиально-симметричном распределении комплексной амплитуды во входной плоскости. Частотная и импульсная характеристики свободного пространства	1	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	1	
5 Источники излучения и оптические усилители радиофотонных систем	Общая характеристика источников света. Естественная ширина спектральной линии. Принцип оптического усиления. Полупроводниковые и волоконно-оптические усилители на основе редкоземельных элементов. Конструкции, принцип действия, основные характеристики. Условие самовозбуждения для лазеров. Спектр генерации. Пороговая плотность тока. Ватт-амперная характеристика. Лазеры с распределенной обратной связью. Лазеры с вертикальным резонатором. Светодиоды, их достоинства и недостатки.	1	ОПК-3, ОПК-4

Согласована на портале № 36809

	Итого	1	
6 Фотоприемники	Типы фотоприемников. Основные характеристики: чувствительность, быстродействие, обнаружительная способность, спектральный диапазон. Приемники с внешним и внутренним фотоэффектом: фотоэлементы, ФЭУ, фоторезисторы, фотодиоды, МОП-структуры и фотоматрицы. Шумы фотоприемников. Методы приема модулированного оптического излучения: прямое фотодетектирование и оптическое гетеродинирование.	2	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	2	
7 Устройства управления оптическим излучением	Физические эффекты, используемые для управления параметрами оптического излучения: эффект Поккельса, фотоупругий эффект, эффект Фарадея. Характеристики электрооптических модуляторов: полоса частот модуляции, потребляемая мощность, динамический диапазон. Модулятор Маха – Зендера. Прямая модуляция светодиодов и инжекционных лазеров. Акустооптический эффект. Модуляторы света с бегущей и стоячей акустической волной. Акустооптические дефлекторы и фильтры. Особенности модуляции на СВЧ.	2	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	2	
8 Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем	Распространение света в планарных и канальных диэлектрических волноводах и волокнах. Моды оптических волноводов и волокон. Условие существования волноводных мод. Структура поля волноводных мод. Зависимость постоянной распространения от толщины оптического волновода и волокна. Обмен энергией между волноводными модами. Методы ввода и вывода излучения. Пассивные и активные устройства интегральной оптики: направленные ответвители, модуляторы, дефлекторы, коммутаторы. Оптические микрорезонаторы.	2	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	2	
9 Методы радиофотоники при построении генераторов радиосигналов СВЧ-диапазона	Структурная схема оптоэлектронного генератора с высокой спектральной чистотой. Основные характеристики и пути их совершенствования. Двухконтурная схема ОЭГ с одним и двумя управляемыми плечами	2	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	2	
10 Использование оптических микрорезонаторов для обработки радиосигналов СВЧ-диапазона	Добротность оптических микрорезонаторов (ОМР), возбуждаемых фундаментальными модами шепчущей галереи (МШГ). Элементы связи для таких резонаторов, построенные на основе планарных оптических волноводов, расположенных в области ограниченной внешней и внутренней каустиками МШГ. Модели фильтрующих устройств на основе ОМР.	1	ОПК-3, ОПК-4

Согласована на портале № 36809

	Итого	1	
11 Линейные радиооптические антенные решетки с многоканальными модуляторами света	Структурная схема радиооптической антенной решетки. Радиооптическая антенная решетка с функциями пеленгатора-частотомера.	1	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	1	
12 Защищенные системы квантовой оптической связи	Аксиомы квантовой механики. Наблюдаемые и операторы. Унитарные преобразования. Векторное пространство квантовых состояний Чистые и смешанные квантовые состояния. Квантовые измерения. Кубит. Неклонируемость кубита. Общие принципы квантовых вычислений. Однокубитовые квантовые вентили. Квантовая передача ключа одиночными фотонами. Алгоритмы BB84, B92. Проблема декогеренции кубитов.	3	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	3	
Итого за семестр		18	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Предшествующие дисциплины												
1 Технические средства защиты систем связи												+
Последующие дисциплины												
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты									+	+	+	+
2 Методы проектирования защищенных систем связи									+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 36809

ОПК-3	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест, Отчет по практическому занятию
ОПК-4	+	+	+	+	Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-11		+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Тест, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
8 Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем	Исследование распространения света в оптических волокнах	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Исследование параметров и характеристик оптического микрорезонатора	4	
	Итого	8	
9 Методы радиофотоники при построении генераторов радиосигналов СВЧ-диапазона	Исследование параметров и характеристик оптоэлектронного автогенератора	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	4	
12 Защищенные системы квантовой оптической связи	Исследование системы квантового распределения ключей	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
2 Математические основы радиофотоники.	Описание сигналов. Двумерное преобразование Фурье и его свойства. Понятия, воздействия и реакции системы, системного оператора,. Свойство	2	ОПК-3, ОПК-4

Согласована на портале № 36809

	линейности. Свойство изопланарности. Общая схема решения задач на нахождение отклика линейных систем. Описание линейной инвариантной системы в частотной и пространственной областях.		
	Итого	2	
3 Физические основы радиофотоники	Особенности распространения световых волн. Модель дифракции волн Френеля-Кирхгофа. Приближения Френеля и Фраунгофера. Угловой спектр плоских волн и его физический смысл. Распространение углового спектра. Линейный пространственный фильтр. Функция рассеяния оптической системы.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	2	
5 Источники излучения и оптические усилители радиофотонных систем	Общая характеристика источников света. Естественная ширина спектральной линии. Спонтанное и стимулированное излучение. Условие самовозбуждения для лазеров. Спектр генерации. Методы накачки. Пороговая плотность тока. Ватт-амперная характеристика. Светодиоды, их достоинства и недостатки.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	2	
6 Фотоприемники	Типы фотоприемников. Основные характеристики: чувствительность, быстродействие, обнаружительная способность, спектральный диапазон. Шумы фотоприемников. Методы приема модулированного оптического излучения	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	2	
7 Устройства управления оптическим излучением	Характеристики электрооптических модуляторов: полоса частот модуляции, потребляемая мощность, динамический диапазон. Модулятор Маха – Зендера. Прямая модуляция светодиодов и инжекционных лазеров. Модуляционные характеристики полупроводникового лазера. Светодиодные, лазерные и интегральные передающие оптические модули. Особенности модуляции на СВЧ. Акустооптические дефлекторы и фильтры.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	2	
8 Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем	Распространение света в планарных и канальных диэлектрических волноводах. Моды оптических волноводов. Условие существования волноводных мод. Структура поля волноводных мод. Зависимость постоянной распространения от толщины оптического волновода. Методы ввода и вывода излучения. Пассивные и активные устройства интегральной оптики: направленные ответвители, модуляторы, дефлекторы, коммутаторы.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	2	
9 Методы	Структурная схема оптоэлектронного генератора с	4	ОПК-3,

Согласована на портале № 36809

радиофотоники при построении генераторов радиосигналов СВЧ-диапазона	высокой спектральной чистотой. Основные характеристики и пути их совершенствования. Двухконтурная схема ОЭГ с одним и двумя управляемыми плечами.		ОПК-4
	Итого	4	
10 Использование оптических микрорезонаторов для обработки радиосигналов СВЧ-диапазона	Добротность оптических микрорезонаторов (ОМР), возбуждаемых фундаментальными модами шепчущей галереи (МШГ). Элементы связи для таких резонаторов, построенные на основе планарных оптических волноводов, расположенных в области ограниченной внешней и внутренней каустиками МШГ. Модели фильтрующих устройств на основе ОМР.	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	2	
11 Линейные радиооптические антенные решетки с многоканальными модуляторами света	Структурная схема радиооптической антенной решетки. Радиооптическая антенная решетка с функциями пеленгатора-частотомера.	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	4	
12 Защищенные системы квантовой оптической связи	Аксиомы квантовой механики. Векторное пространство квантовых состояний Чистые и смешанные квантовые состояния. Квантовые измерения. Кубит. Неклонируемость кубита. Общие принципы квантовых вычислений. Однокубитовые квантовые вентили. Квантовая передача ключа одиночными фотонами. Алгоритмы BB84, B92. Проблема декогеренции кубитов.	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11
	Итого	4	
Итого за семестр		26	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	2	ОПК-3	Тест, Экзамен
	Итого	2		
2 Математические основы радиофотоники.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-3, ОПК-4	Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		

Согласована на портале № 36809

	Итого	4		
3 Физические основы радиофотоники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	3		
4 Фильтрация оптических сигналов в свободном пространстве.	Проработка лекционного материала	4	ОПК-3, ОПК-4	Тест, Экзамен
	Итого	4		
5 Источники излучения и оптические усилители радиофотонных систем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	8		
6 Фотоприемники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	6		
7 Устройства управления оптическим излучением	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	5		
8 Интегрально оптические компоненты радиофотонных схем	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Итого	8		
9 Методы радиофотоники при построении генераторов радиосигналов СВЧ-диапазона	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по	2		

Согласована на портале № 36809

	лабораторным работам			
	Итого	12		
10 Использование оптических микрорезонаторов для обработки радиосигналов СВЧ-диапазона	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	6		
	Итого	8		
11 Линейные радиооптические антенные решетки с многоканальными модуляторами света	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	6		
	Итого	10		
12 Защищенные системы квантовой оптической связи	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-3, ОПК-4, ПК-11	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	14		
Итого за семестр		84		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		120		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Отчет по лабораторной работе	14	14	14	42
Отчет по практическому занятию	2	2	2	6
Тест	7	7	8	22
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30

Согласована на портале № 36809

Нарастающим итогом	23	46	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Игнатов ; ред. С. В. Макаров ; рец.: А. М. Копылов, И. А. Деребезов ; худож. Е. А. Власова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Лань, 2017 [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/95150/#3 (дата обращения: 06.07.2018).

2. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. :Техносфера, 2006. - 588 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Прикладная оптоэлектроника / О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2004. - 414 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.)

2. Оптические устройства в радиотехнике : Учебное пособие для вузов / А. Ю. Гринев [и др.] ; ред. В. Н. Ушаков. - М. : Радиотехника, 2005. - 239[1] с. : ил., табл. - (Учебное пособие для вузов). - Библиогр.: с. 238. - ISBN 5-88070-065-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 71 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Физические основы квантовой электроники и фотоники: Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе / Шандаров С. М. - 2012. 47 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1700 (дата обращения: 06.07.2018).

2. Интегральная оптоэлектроника: Методические указания к лабораторной работе / Башкиров А. И., Буримов Н. И., Литвинов Р. В., Саликаев Ю. Р. - 2013. 39 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2971 (дата обращения: 06.07.2018).

Согласована на портале № 36809

3. Исследование параметров и характеристик полупроводникового лазера: Методические указания к лабораторной работе / Мандель А. Е., Акрестина А. С., Буримов Н. И. - 2018. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8051 (дата обращения: 06.07.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Рекомендуется использовать профессиональные и информационные базы данных, спи-
2. сок и адреса которых доступны по ссылке: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр В3-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АКИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150C (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов РСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810C (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;

Согласована на портале № 36809

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- AWR Design Environment
- Adobe Acrobat Reader
- LibreOffice
- Mathworks Matlab
- Mathworks Simulink 6.5
- Micran Graphit
- Microsoft Windows
- PTC Mathcad13, 14
- Qucs
- Scilab

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр В3-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АКИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150C (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов РСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810C (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- AWR Design Environment
- Mathworks Matlab
- Mathworks Simulink 6.5
- Micran Graphit
- PDFCreator
- Qucs
- Scilab

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Согласована на портале № 36809

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

Каковы размеры открытого оптического резонатора в сравнении с длиной волны света?
1) Они одинаковы;
2) Длина волны света много больше размеров резонатора;
3) Размеры резонатора много больше длины волны света;
4) Расстояние между отражающими поверхностями равно половине длины волны света.

Как связаны длина открытого оптического резонатора и резонансная длина волны для продольных мод?
1) Они пропорциональны друг другу;
2) Они обратно пропорциональны друг другу;
3) Они являются независимыми;
4) Они равны друг другу.

Может ли оптический резонатор состоять из двух полностью отражающих зеркал?
1) Нет;
2) Да, но тогда он не будет оптическим;
3) Да;
4) Правильного ответа не приведено.

Что понимается под поперечными модами открытого оптического резонатора?

Согласована на портале № 36809

1) Поле, образующееся в резонаторе при распространении плоских световых волн в направлениях, ортогональных его оптической оси;

2) Поле, образующееся при распространении в резонаторе плоских световых волн в направлениях, параллельных его оптической оси;

3) Поле, образующееся в резонаторе при распространении и интерференции плоских световых волн в направлениях, составляющих с оптической осью резонатора некоторый угол, меньший чем 90°;

4) Таких мод не бывает.

Что определяется условием баланса фаз при рассмотрении явлений лазерной генерации?

1) Минимальная величина оптических потерь, обеспечивающая генерацию
лазерного излучения;

2) Возможность одномодового режима генерации;

3) Ширина спектральной линии генерируемого излучения;

4) Наличие положительной обратной связи в оптическом резонаторе.

Условие баланса амплитуд при рассмотрении явлений лазерной генерации определяет:

1) Длину волны излучения лазера;

2) Ширину спектральной линии генерируемого излучения;

3) Пороговое условие для возникновения лазерной генерации;

4) Состояние поляризации лазерного излучения.

Какое из утверждений является наиболее правильным?

1) Длина волны лазерного излучения определяется условием баланса амплитуд;

2) Ширина спектральной линии излучения лазера определяется добротностью оптического резонатора;

3) Поляризация лазерного излучения зависит от типа активной среды;

4) Поляризация лазерного излучения зависит от добротности оптического резонатора.

Во многих газовых лазерах выходные окна газоразрядной трубки наклонены относительно ее оси под углом Брюстера. Приводит ли это к изменению числа генерируемых мод в сравнении с их расположением под другим углом?

1) Да, число генерируемых мод уменьшается.

2) Да, число генерируемых мод возрастает.

3) Нет, это приводит лишь к изменению состояния поляризации излучения.

4) Нет, это приводит лишь к увеличению мощности излучения.

Зеркала газовых лазеров, работающих в видимом диапазоне, как правило, представляют собой многослойные диэлектрические структуры на прозрачной диэлектрической подложке. Почему для этого не используются металлические пленки на той же подложке?

1) Металлические пленки имеют слишком низкий коэффициент отражения
для света видимого диапазона

2) Технология нанесения металлических пленок на подложку значительно
сложнее, чем процесс получения многослойных диэлектрических зеркал

3) Металлические пленки обладают более высоким поглощением света в видимом диапазоне, чем диэлектрические

4) Металлические пленки не позволяют получить лазерное излучение с линейной поляризацией

Какова максимальная величина коэффициента отражения многослойных диэлектрических зеркал?

1) Практически единица

2) 0,5

3) От 0,7 до 0,9

4) Менее 0,5

Зависит ли от длины волны света величина коэффициента отражения зеркал с многослойным диэлектрическим покрытием?

1) Нет, не зависит

2) Да, зависит

3) В видимом диапазоне эта зависимость очень слаба

Согласована на портале № 36809

4) Зависит, но только в инфракрасном диапазоне

Каково основное отличие конструкции лазерного диода и светодиода?

1) Светодиод не имеет теплоотвода.

2) Светодиод имеет меньшую угловую расходимость излучения.

3) Светодиод не имеет оптического резонатора.

4) Светодиод требует обратного смещения p-n перехода.

Что из себя представляет электромагнитное поле волноводной моды планарного оптического волновода?

1. Оно имеет характер стоячей волны в направлении распространения и в перпендикулярном к плоскости волновода направлении.

2) Оно имеет характер бегущей волны в направлении распространения и стоячей волны в перпендикулярном к плоскости волновода направлении.

3) Оно имеет характер бегущей волны в направлении распространения и в перпендикулярном к плоскости волновода направлении.

4) Оно имеет характер стоячей волны в направлении распространения и бегущей волны в перпендикулярном к плоскости волновода направлении.

Число волноводных мод, существующих в планарном оптическом волноводе, возрастает при:

1) Возрастании длины волны света.

2) Уменьшении разницы показателей преломления волноводного слоя и подложки.

3) Уменьшении длины волны света и увеличении толщины волноводного слоя.

4) Возрастании длины волны света и снижении толщины волноводного слоя.

В каких средах проявляется квадратичный электрооптический эффект?

1) Во всех материальных средах.

2) В оптически изотропных материалах.

3) Во всех кристаллических средах.

4) В кристаллических средах без центра симметрии.

Назовите причины потерь в открытых оптических системах передачи.

1) Дифракция и поглощение света в материальных средах.

2) Интерференция света.

3) Нелинейные эффекты.

4) нет верного ответа.

Добротность оптических микрорезонаторов, возбуждаемых фундаментальными модами шепчущей галереи достигать:

1) ~100;

2) ~10000.

3) ~100000000.

4) ~1000000000000.

Что такое декогеренция кубита?.

1) Дифракция в материальной среде.

2) Интерференция фотона в материальной среде.

3) Нарушение когерентности, вызываемый взаимодействием фотона с окружающей средой.

4) Нет верного ответа.

Какие преимущества перед генераторами СВЧ обеспечивает использование оптоэлектронной конверсии?

1) Снижение фазовых шумов и массогабаритных параметров.

2) Снижение стоимости устройства.

3) Повышение долговременной стабильности.

4) Нет верного ответа.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Условие самовозбуждения для лазеров.

2. Спектр генерации лазеров.

Согласована на портале № 36809

3. Принцип действия инжекционных лазеров и светодиодов

4. Ватт-амперная характеристика инжекционного лазера.

5. Модуляции излучения инжекционного лазера.

6. Отличия инжекционных лазеров от светодиодов.

7. Типы фотоприемников.

8. Основные характеристики фотоприемников.

9. Пороговая мощность и удельная обнаружительная способность.

10. Электрооптический эффект: определение и феноменологическое описание.

11. Виды электрооптической модуляции света: фазовая, поляризационная и модуляция интенсивности.

12. Акустооптические дефлекторы.

13. Акустооптические фильтры.

14. Планарные акустооптические устройства.

53. Решеточный элемент связи для ввода и вывода оптического излучения в интегральной оптике.

15. Призменный элемент связи в интегральной оптике.

16. Кубит. Неклонируемость кубита. Общие принципы квантовых вычислений.

17. Квантовая передача ключа одиночными фотонами. Алгоритм BB84,

18. Квантовая передача ключа одиночными фотонами. Алгоритм B92.

19. Использование оптических микрорезонаторов для обработки радиосигналов СВЧ-диапазона.

20. Аксиомы квантовой механики. Векторное пространство квантовых состояний Чистые и смешанные квантовые состояния. Квантовые измерения.

14.1.3. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Описание сигналов. Двумерное преобразование Фурье и его свойства. Понятия, воздействия и реакции системы, системного оператора,. Свойство линейности. Свойство изопланарности. Общая схема решения задач на нахождение отклика линейных систем. Описание линейной инвариантной системы в частотной и пространственной областях.

Особенности распространения световых волн. Модель дифракции волн Френеля-Кирхгофа. Приближения Френеля и Фраунгофера. Угловой спектр плоских волн и его физический смысл. Распространение углового спектра. Линейный пространственный фильтр. Функция рассеяния оптической системы.

Общая характеристика источников света. Естественная ширина спектральной линии. Спонтанное и стимулированное излучение. Условие самовозбуждения для лазеров. Спектр генерации. Методы накачки. Пороговая плотность тока. Ватт-амперная характеристика. Светодиоды, их достоинства и недостатки.

Типы фотоприемников. Основные характеристики: чувствительность, быстродействие, обнаружительная способность, спектральный диапазон. Шумы фотоприемников. Методы приема модулированного оптического излучения

Характеристики электрооптических модуляторов: полоса частот модуляции, потребляемая мощность, динамический диапазон. Модулятор Маха – Зендера. Прямая модуляция светодиодов и инжекционных лазеров. Модуляционные характеристики полупроводникового лазера. Светодиодные, лазерные и интегральные передающие оптические модули. Особенности модуляции на СВЧ. Акустооптические дефлекторы и фильтры.

Распространение света в планарных и канальных диэлектрических волноводах. Моды оптических волноводов. Условие существования волноводных мод. Структура поля волноводных мод. Зависимость постоянной распространения от толщины оптического волновода. Методы ввода и вывода излучения. Пассивные и активные устройства интегральной оптики: направленные ответвители, модуляторы, дефлекторы, коммутаторы.

Добротность оптических микрорезонаторов (ОМР), возбуждаемых фундаментальными модами шепчущей галереи (МШГ). Элементы связи для таких резонаторов, построенные на основе планарных оптических волноводов, расположенных в области ограниченной внешней и внутренней каустиками МШГ. Модели фильтрующих устройств на основе ОМР.

Структурная схема радиооптической антенной решетки. Радиооптическая антенная решетка

Согласована на портале № 36809

с функциями пеленгатора-частотомера.

Аксиомы квантовой механики. Векторное пространство квантовых состояний Чистые и смешанные квантовые состояния. Квантовые измерения. Кубит. Неклонируемость кубита. Общие принципы квантовых вычислений. Однокубитовые квантовые вентили. Квантовая передача ключа одиночными фотонами. Алгоритмы BB84, B92. Проблема декогеренции кубитов.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование распространения света в оптических волокнах

Исследование параметров и характеристик оптического микрорезонатора

Исследование параметров и характеристик оптоэлектронного автогенератора

Исследование системы квантового распределения ключей

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

Согласована на портале № 36809

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 36809