

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

«СОГЛАСОВАНО»

Декан ФЭ

/ Н.М. Верещагин

«09» 06 2020 г

Заведующий кафедрой ЭП

/ М.В. Чиркин

«09» 06 2020 г



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор РОПиМД

/ А.В. Корячко

«06» 06 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 «Лазерные и волоконно-оптические устройства»

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) подготовки

«Электронные приборы и устройства»

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

Рязань, 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»,

утвержденного 19.09.2017 №927

Разработчики
д.ф. - м.н., профессор



М.В. Чиркин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

«03» 06 2020г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Электронные приборы»

д.ф. - м.н., профессор



М.В. Чиркин

1. Цели и задачи дисциплины.

Рабочая программа по дисциплине «Лазерные и волоконно-оптические устройства» является составной частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) академического бакалавриата, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Цель освоения дисциплины - формирование систематических знаний о лазерах, лазерных и волоконно-оптических устройствах, предназначенных для передачи и обработки информации, измерений физических величин, локации, систем управления и навигации, исследований окружающей среды, записи и воспроизведения информации с последующим использованием полученных компетенций при разработке, производстве и применении в устройствах современной оптической электроники, наноэлектроники и лазерной техники.

Задачи дисциплины:

- изучение основ функционирования, принципов построения и основных характеристик лазерных и волоконно-оптических устройств;
- формирование научного подхода к изучению квантовых и оптоэлектронных приборов, навыков решения теоретических и практических задач их конструирования;
- изучение методов расчета оптических резонаторов и законов преобразования лазерных пучков оптическими элементами;
- формирование знаний, умений и навыков в области материалов и технологий оптических волокон, включая активированные волокна для оптических усилителей, фоточувствительные оптические волокна и брэгговские решетки для спектральных фильтров и мультиплексоров;
- изучение принципов действия волоконно-оптических датчиков, лазерных измерительных устройств, оптических ближнепольных микроскопов;
- изучение структуры и принципа работы волоконно-оптических и лазерных гироскопов, лидаров и лазерных сканеров, лазерно-лучевых систем телеметрии;
- изучение лазерных методов записи и воспроизведения оптической информации;
- приобретение практических навыков измерений характеристик оптических волокон и параметров компонентов волоконно-оптических линий связи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	<u>Знать</u> : физические и математические модели распространения оптического излучения в свободном пространстве и оптическом волокне, законы преобразования лазерных пучков оптическими элементами пассивных и активных компонентов волоконно-оптических устройств <u>Уметь</u> : моделировать характеристики оптических волокон, рассчитывать оптические резонаторы и волоконно-оптические системы, в том числе с применением стандартных программных средств <u>Владеть</u> : способами проектирования оптических систем и волоконно-оптических устройств

	ПК-2. Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	<p><u>Знать</u>: методы и приборы для экспериментального исследования характеристик оптических волокон, способы модуляции добротности оптических резонаторов, методы и особенности преобразования информации, переносимой оптическими волнами, в электрические сигналы</p> <p><u>Уметь</u>: измерять характеристики оптических волокон и пассивных элементов оптических устройств</p> <p><u>Владеть</u>: навыками применения измерительных устройств для определения характеристики оптических волокон, лазерными методами регистрации расстояний, перемещений, линейных и угловых скоростей, ускорений, рельефа поверхности</p>
	ПК-3. Готов анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	<p><u>Знать</u>: методы анализа результатов оптических измерений и способы проверки достоверности данных, полученных с помощью лазерных и волоконно-оптических устройств</p> <p><u>Уметь</u>: обрабатывать оптическую информацию и делать обоснованные выводы по результатам её анализа; представлять материалы экспериментальных исследований в виде отчетов</p> <p><u>Владеть</u>: навыками практического применения оптических методов анализа и обработки данных</p>

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Лазерные и волоконно-оптические устройства» (Б1.В.08) является дисциплиной по выбору студента, относится к вариативной части блока 1 профессионального цикла дисциплин ОПОП «Электронные приборы и устройства» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 4 курсе в 7 семестре.

Пререквизиты дисциплины. Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин учебного плана: «Математика», «Физика», «Химия», «Основы статистической физики», «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Квантовая и оптическая электроника», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники», «Твердотельная электроника».

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать: общие разделы высшей математики (дифференциальное и интегральное исчисление), разделы физики (механика, электричество и магнетизм, атомная физика, молекулярная физика), закономерности взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами, основную научную и техническую терминологию в области квантовой электроники, практические применения приборов квантовой и оптической электроники. Предполагается, что студентами ранее усвоены энергетические диаграммы металлов, полупроводников и диэлектриков, понятия диффузии и подвижности носителей тока, диффузионного и дрейфового токов, механизмы генерации и рекомбинации подвижных носителей заряда в полупроводниках, функции распределения по энергиям, уравнения Максвелла, законы геометрической и волновой оптики.

уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей исследования характеристик и параметров приборов оптической и квантовой электроники;

владеть: навыками работы с современными цифровыми измерительными приборами, измерительными технологиями и пакетами прикладных программ.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Курс «Лазерные и волоконно-оптические устройства» содержательно и методологически взаимосвязан со следующими дисциплинами: «Математика», «Физика», «Химия», «Основы статистической физики», «Метрология, стандартизация и технические измерения», «Квантовая и оптическая электроника», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники», «Твердотельная электроника». Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков бакалавра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Лазерные технологии в промышленности», «Преддипломная практика», «Выпускная квалификационная работа».

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетных единиц (ЗЕ), 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	216	-	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	80	-	-
Лекции	48	-	-
Лабораторные работы	24	-	-
Практические занятия	8	-	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	136	-	-
Курсовой проект/ курсовая работа	12	-	-
Подготовка к экзамену, консультации	40	-	-
Консультации в семестре	10	-	-
Иные виды самостоятельной работы	74	-	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	экзамен	-	-

4. Содержание дисциплины.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Оптические резонаторы и методы их расчета

Добротность резонатора, основные причины потерь. Типы и классификация открытых резонаторов, условие и диаграмма их устойчивости. Продольные и поперечные виды колебаний (моды) открытых резонаторов. Методы селекции поперечных и продольных мод. Гауссовы пучки, комплексный параметр гауссова пучка и законы его преобразования в свободном пространстве и в линзе. Расчет гауссова пучка в устойчивом резонаторе. Связь параметров гауссова пучка с геометрией резонатора. Спектр собственных частот оптического резонатора.

Тема 2. Лазерные диоды

Принцип построения инжекционного лазера на базе *p-n* перехода в полупроводниках с прямой структурой энергетических зон. Особенности оптического пучка, формируемого в

лазерных диодах. Особенности активной среды и преимущества лазеров на гетероструктурах. Конструкции лазерных диодов на двойных гетероструктурах; структуры с направленным усилением и с вертикальным резонатором. Формирование оптического пучка в промышленно выпускаемых лазерных диодах. Устройство и конструкции лазерных модулей.

Тема 3. Распространение излучения в оптическом волокне. Типы и характеристики оптических волокон

Преимущества оптического волокна как среды для передачи информации. Особенности передачи информации по оптическому волокну. Оптическое волокно как диэлектрический волновод:

- полное внутреннее отражение и конструкция световода,
- распространение оптического излучения в оптических волокнах,
- моды оптического диэлектрического волновода и распределение мощности между ними
- числовая апертура оптического волокна,
- затухание сигнала в оптическом волокне, окна прозрачности.

Потери излучения в оптическом волокне: количественные характеристики затухания, и факторы, приводящие к затуханию. Технология изготовления оптических волокон, метод химического парофазного осаждения и его модификации. Хроматическая дисперсия и уширение передаваемого импульса в оптических волокнах. Механизмы хроматической дисперсии в оптическом волокне: материальная и волноводная дисперсия. Коэффициент дисперсии. Поляризационная модовая дисперсия. Межмодовая дисперсия в многомодовом волокне. Ограничение полосы частот сигнала, передаваемого по многомодовому волокну. Многомодовые волокна со ступенчатым и параболическим профилями показателя преломления (градиентные волокна). Нормированная частота волокна и длина волны отсечки.

Методы и аппаратура для измерения характеристик оптических волокон: числовая апертура, потери, профиль показателя преломления, дисперсия материала, волноводная дисперсия, межмодовая дисперсия; импульсный отклик и передаточная функция. Дисперсионные ограничения скорости передачи данных и расстояния между ретрансляторами в волоконно-оптической линии связи.

Нелинейные эффекты в оптических волокнах и их влияние на распространение сигналов: вынужденное рассеяние Манделштампа-Бриллюена, вынужденное комбинационное рассеяние, фазовая самомодуляция, четырехволновое смешение. Солитоны в оптических волокнах.

Тема 4. Компоненты волоконно-оптических устройств

Компенсация дисперсии в волоконно-оптических линиях связи; DC-волокна. Волокна с ненулевой смещенной дисперсией (NZDS-волокна). Механизмы дополнительных потерь из-за несовершенства волокна: изгибы, различие диаметров модовых пятен, смещение сердцевин волокон. Сварные соединения волокон; причины потерь при сращивании, выравнивание волокон, технология сварки и требования к качеству соединений.

Требования к источникам и приемникам излучения волоконно-оптических устройств. Фоторезистивные приемники лазерного излучения и их характеристики. Свойства фотодиодов. PIN фотодиод и лавинный фотодиод, их конструкции и характеристики. Волоконно-оптические усилители.

Пассивные элементы волоконно-оптических устройств. Связь между волноводами за счет оптического туннелирования; оптические разветвители и их типы, мультиплексоры и демultipлексоры. Оптические аттенюаторы. Оптические изоляторы на эффекте Фарадея. Оптические фильтры и их применения: интерферометр Фабри-Перо и его волоконно-оптическое исполнение, интерферометр Маха-Цандера, волоконно-оптическая решетка Брэгга. Волоконно-оптические кабели со свободным буфером и с плотным буфером. Оптические разъемы, их типы и конструкции.

Тема 5. Волоконно-оптические датчики

Волоконно-оптические датчики: принципы функционирования, миниатюризация, разработка интегральных датчиков. Волоконно-оптические интерферометры. Датчики на основе изме-

нения интенсивности, поляризации и сдвига частоты света. Оптическая ближнепольная микроскопия: преодоление дифракционного предела в оптике (критерий Рэлея), устройство и технологии формирования ближнепольных оптических зондов, принцип построения и возможности ближнепольного микроскопа.

Тема 6. Лазерные методы исследований окружающей среды, измерения расстояний, линейных перемещений и скоростей

Интерферометрические принципы регистрации линейных перемещений на основе гелий-неоновых лазеров: лазерные интерферометры со счетом полос на основе квадратурных сигналов и на основе частотной модуляции. Особенности гелий-неоновых лазеров, предназначенных для интерферометрических устройств. Источники погрешности интерферометрических методов.

Принципы построения лазерных дальномеров. Импульсные лазерные дальнометры. Твердотельный Nd: YAG лазер с диодной накачкой (квантрон); продольная и поперечная накачка активной среды в квантронах. Работа лазера в режиме модуляции добротности (генерация «гигантского» импульса). Типы оптических затворов. Использование электрооптических и акустооптических затворов для модуляции добротности. Оптическая схема лазерного дальнометра, требования к приемному каналу. Лазерные прицелы-дальнометры. Лазерная локация, лидары. Лазерное сканирование поверхности (лазерные сканеры). Лазерно-лучевые системы телеориентации. Фазовые лазерные дальнометры на основе модуляции мощности излучения лазерных диодов.

Лазерные доплеровские измерители скорости на основе лазеров на углекислом газе. Требования к характеристикам лазера для ЛДИС. Схемы построения ЛДИС с опорным пучком и с рассеянием назад.

Физические явления при распространении лазерного излучения в атмосфере. Коэффициент экстинкции и его составляющие: истинное поглощение, рассеяние Рэлея, рассеяние Ми, комбинационное рассеяние (эффект Рамана). Основные компоненты лазерной системы дистанционного мониторинга окружающей среды. Сравнительная характеристика возможностей различных методов регистрации загрязнений: оптическая локация, комбинационное рассеяние, резонансная флюоресценция, поглощение с однократным прохождением и с отражением от местных объектов, дифференциальный метод.

Тема 7. Оптическая гироскопия

Эффект Саньяка. Принципиальная схема интерферометра Саньяка. Волоконно-оптические гироскопы, их применение. Повышение чувствительности волоконно-оптических гироскопов: метод несимметричной фазовой модуляции, компенсационный метод. Источники паразитных сигналов и шумов в волоконно-оптических гироскопах. Особенности эффекта Саньяка в кольцевом лазере. Требования к кольцевым лазерам для оптической гироскопии. Формирование квадратурных информационных сигналов в лазерном гироскопе. Равномерное вращение лазерного гироскопа и явление синхронизации встречных волн (захвата). Лазерный гироскоп с вибрационной частотной подставкой, явление динамического захвата. Лазерные гироскопы с магнитооптическим управлением. Оптическая схема неплоского кольцевого резонатора и расщепление частот продольных мод. Частотная подставка на основе эффекта Зеемана. Источники случайной погрешности при измерениях угловой скорости и угловых перемещений с помощью лазерных гироскопов. Естественные флуктуации и предел чувствительности лазерных гироскопов.

Тема 8. Лазерные методы записи и воспроизведения информации

Компакт-диски (CD, DVD, BD): геометрия диска, кодирование информации, информационная структура, запись и считывание информации, технология производства.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	лекции	Практ	лабор	
1	Оптические резонаторы и методы их расчета	16	10	6	4	-	6
2	Лазерные диоды	8	4	4	-	-	4
3	Распространение оптического излучения в волокне. Типы и характеристики оптических волокон	42	22	10	-	12	20
4	Компоненты волоконно-оптических устройств	28	18	6	-	12	10
5	Волоконно-оптические датчики	16	6	4	2	-	10
6	Лазерные методы исследования окружающей среды, измерения расстояний и скоростей	18	8	8	-	-	10
7	Оптическая гироскопия	20	10	8	2	-	10
8	Лазерные методы записи и воспроизведения информации	6	2	2	-	-	4
9	Курсовое проектирование	12	-	-	-	-	12
10	Консультации в семестре	10	-	-	-	-	10
11	Экзамен	40	-	-	-	-	40
	Всего:	216	80	48	8	24	136

4.3 Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Оптические резонаторы и методы их расчета	Самостоятельная работа обучающегося	Добротность резонатора, основные причины потерь. Типы и классификация открытых резонаторов, условие и диаграмма их устойчивости. Продольные и поперечные виды колебаний (моды) открытых резонаторов. Методы селекции поперечных и продольных мод. Изучение конспекта лекций.	6
		Практическая работа	Гауссовы пучки, комплексный параметр гауссова пучка и законы его преобразования в свободном пространстве и в линзе.	2
			Расчет гауссова пучка в устойчивом резонаторе.	2

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
2	Лазерные диоды	Самостоятельная работа обучающегося	Принцип построения инжекционного лазера на базе <i>p-n</i> перехода Особенности активной среды и преимущества лазеров на гетероструктурах. Конструкции лазерных диодов на двойных гетероструктурах. Устройство и конструкции лазерных модулей. Изучение конспекта лекций.	4
3	Распространение оптического излучения в волокне. Типы и характеристики оптических волокон	Лабораторная работа	Анализ модовой структуры оптического излучения и измерение числовой апертуры волоконных световодов.	4
			Формирование, регистрация и затухание излучения в оптическом волокне	4
			Исследование затухания при изгибах световодов	4
	Самостоятельная работа обучающегося	Потери излучения в оптическом волокне. Технология изготовления оптических волокон. Хроматическая дисперсия и уширение передаваемого импульса. Коэффициент дисперсии. Поляризационная модовая дисперсия. Межмодовая дисперсия в многомодовом волокне. Многомодовые волокна со ступенчатым и параболическим профилями показателя преломления (градиентные волокна). Подготовка к лабораторным работам. Изучение конспекта лекций. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.	10	
4	Компоненты волоконно-оптических устройств	Лабораторная работа	Исследование характеристик соединителей и аттенюаторов волоконно-оптических устройств	4
			Импульсная модуляция излучения лазерного диода и распространение сигнала в волоконно-оптической линии связи	4
			Поиск неисправности оптической линии связи с помощью оптического тестера и исследование характеристик оптического разветвителя	4

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
		Самостоятельная работа обучающегося	<p>Механизмы дополнительных потерь из-за несовершенства волокна: изгибы, различие диаметров модовых пятен, смещение сердцевин волокон. Сварные соединения волокон; причины потерь при сращивании, выравнивание волокон, технология сварки и требования к качеству соединений.</p> <p>Требования к источникам и приемникам излучения волоконно-оптических устройств. PIN фотодиод и лавинный фотодиод, их конструкции и характеристики. Волоконно-оптические усилители.</p> <p>Пассивные элементы волоконно-оптических устройств. Оптические разветвители и их типы, мультиплексоры и демultipлексоры. Оптические аттенюаторы. Оптические изоляторы на эффекте Фарадея. Оптические фильтры и их применения. Волоконно-оптические кабели со свободным буфером и с плотным буфером. Оптические разъемы, их типы и конструкции.</p> <p>Изучение конспекта лекций.</p> <p>Подготовка к ЛР. Подготовка к сдаче ЛР, оформление отчета.</p>	10
5	Волоконно-оптические датчики	Самостоятельная работа обучающегося	<p>Волоконно-оптические интерферометры. Датчики на основе изменения интенсивности, поляризации и сдвига частоты света. Оптическая ближнепольная микроскопия: преодоление дифракционного предела в оптике (критерий Рэлея),</p> <p>Изучение конспекта лекций.</p>	10
		Практическая работа	<p>Устройство и технологии формирования ближнепольных оптических зондов, принцип построения и возможности ближнепольного микроскопа</p>	2

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
6	Лазерные методы исследования окружающей среды, измерения расстояний и скоростей	Самостоятельная работа обучающегося	<p>Лазерные интерферометры со счетом полюсов на основе квадратурных сигналов и на основе частотной модуляции. Источники погрешности интерферометрических методов.</p> <p>Принципы построения лазерных дальномеров. Импульсные лазерные дальномеры. Типы оптических затворов. Использование электрооптических и акустооптических затворов для модуляции добротности. Оптическая схема лазерного дальномера, требования к приемному каналу. Лазерные прицелы-дальномеры. Лазерная локация, лидары. Лазерное сканирование поверхности (лазерные сканеры). Лазерно-лучевые системы телеориентации. Фазовые лазерные дальномеры. Лазерные доплеровские измерители скорости на основе лазеров на углекислом газе.</p> <p>Сравнительная характеристика возможностей различных методов регистрации загрязнений: оптическая локация, комбинационное рассеяние, резонансная флуоресценция, поглощение с однократным прохождением и с отражением от местных объектов, дифференциальный метод. Изучение конспекта лекций</p>	10
7	Оптическая гироскопия	Самостоятельная работа обучающегося	<p>Принципиальная схема интерферометра Саньяка. Волоконно-оптические гироскопы, их применение. Повышение чувствительности волоконно-оптических гироскопов: метод несимметричной фазовой модуляции, компенсационный метод.</p> <p>Формирование квадратурных информационных сигналов в лазерном гироскопе. Источники случайной погрешности при измерениях угловой скорости и угловых перемещений с помощью лазерных гироскопов. Естественные флуктуации и предел чувствительности лазерных гироскопов. Изучение конспекта лекций</p>	10
		Практическая работа	<p>Расчет частотной характеристики лазерного гироскопа. Равномерное вращение лазерного гироскопа и явление синхронизации встречных волн (захвата).</p>	2

№ п/п	Тема	Вид работы	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
8	Лазерные методы записи и воспроизведения информации	Самостоятельная работа обучающегося	Компакт-диски (CD, DVD, BD): геометрия диска, кодирование информации, информационная структура, запись и считывание информации, технология производства. Изучение конспекта лекций	4
7	Курсовое проектирование	Самостоятельная работа обучающегося	Расчет и проектирование открытых оптических резонаторов	12
8	Консультации в семестре	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к теоретическому зачету	10
9	Экзамен	Самостоятельная работа обучающегося	Изучение конспекта лекций. Подготовка к экзамену	40

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Соколовский Э.И., Соловьев В.И. Расчет и проектирование квантовых генераторов. Учебное пособие. – Рязань, РГРТУ, 2010. – 48 с.

2. Шандаров В.М. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Шандаров. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 197 с. — 5-86889-228-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14018.html>

3. Ушаков В.Н. Оптические устройства в радиотехнике. – М.: Радиотехника, 2005. – 240 с.

4. Окоси Т., Окамото М., Оцу М. и др. Волоконно-оптические датчики. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

5. Кремниевые планарные транзисторы / под ред. Я. А. Федотова. – М.: Сов. радио, 1973. – 336 с.

6. Тугов Н. М, Глебов Б. А, Чарыков Н. А. Полупроводниковые приборы: Учеб. для вузов / Под ред. Лабунцова В.А. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.

7. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы. – СПб.: Лань, 2002. – 479 с.

Перечень учебно-методического обеспечения лабораторных занятий

1. Лазерные и волоконно-оптические информационные устройства: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост. Д.А. Морозов, М.В. Чиркин. – Рязань: РГРТУ, 2012. – 72 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Лазерные и волоконно-оптические устройства»).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная учебная литература:

2. Звелто О. Принципы лазеров. – СПб: Лань, 2008. - 720 с.
3. Козлов Б.А. Волоконная оптика. Физические основы, волоконно-оптические компоненты, линии связи, волоконные лазеры, волоконные датчики. – Рязань, Рязан. гос. радиотехн. ун-т., 2015. - 256 с.
4. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника – М.: Высшая школа, 2001. – 576 с.
5. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Л. Киселев. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91904>. — Загл. с экрана.
6. Шандаров С.М. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.М. Шандаров, А.И. Башкирова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13922.html>
7. Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.И. Шангина. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 301 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13939.html>
8. Астайкин А.И. Квантовые и оптоэлектронные приборы и устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Астайкин, М.К. Смирнов. — Электрон. текстовые данные. — Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2011. — 343 с. — 978-5-9515-0159-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60849.html>

Дополнительная учебная литература:

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2007. – 511 с.
2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука, 1998. – 334 с.
3. Алфёров Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии. (Нобелевская лекция, Стокгольм, 8 декабря 2000 г.). Успехи физических наук. Т. 172. № 9. С.1068 – 1085.
4. Складов О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] / О.К. Складов. — Электрон. текстовые данные. — М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 266 с.
5. Пихтин А.Н. Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники. - М.: Высш. шк., 1983. – 384 с.
6. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. – М.: 2003. - 188 с.
7. Дряхлушин В.Ф., Вейко В.П., Вознесенский Н.Б. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия и ближнепольные оптические зонды: свойства, изготовление и контроль параметров// Квантовая электроника. – 2007. – Т. 37, № 2. – С. 193-203.
8. Дианов Е.М. Волоконные лазеры// УФН. – 2007. – Т. 174, № 10. – С. 1139-1142.

8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

- 1) Сайт журнала «Электроника» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.electronics_
- 2) Электронно-библиотечная система «IPRBook». ЭБС издательства «IPRBook» [Электронный ресурс]. – URL: <http://iprbookshop.ru/>

- 3) Электронно-библиотечная система «Лань». ЭБС издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – URL: <http://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

- 1) Профессиональная база данных, информационно-справочная система технического описания, паспортов и листов спецификаций полупроводниковых приборов (онлайн справочник) [Электронный ресурс]. – URL: www.alldatasheet.com

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались записаны недостаточно понятно. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели).

К каждой лабораторной работе надо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к лабораторным работам. Необходимо подготовить и шаблон отчета, чтобы за время, отведенное для выполнения работы, можно было оформить отчет, защитить и сдать его.

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие элементы:

- номер, название и цель работы;
- чертеж функциональной схемы установки, выполненный карандашом по линейке либо при помощи соответствующей компьютерной программы;
- основные расчетные соотношения;
- таблицы результатов экспериментов, выполненные карандашом по линейке;
- графики экспериментальных зависимостей, полученных при выполнении лабораторной работы;
- выводы, содержащие анализ экспериментальных зависимостей, сравнение результатов, полученных в работе, с данными справочной литературы.

При выполнении лабораторной работы каждому студенту необходимо иметь полностью оформленный отчет о ранее выполненной работе и отчет о выполняемой работе, содержащий все перечисленные элементы (за исключением экспериментальных данных в таблице, графиков, выводов). При несоблюдении указанных требований студент к лабораторной работе не допускается.

Практическая работа студента заключается в решении или выполнении типовых задач и заданий. Каждое решение должно быть оформлено в виде отчета и должно содержать следующие элементы:

- титульный лист;
- начальное данные;
- решение задачи или результат выполненного задания.

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях и практических занятиях, а также иметь самостоятельное значение – внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, практическим занятиям, а также к теоретическому зачету.

Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

- самостоятельное изучение отдельных вопросов по темам самостоятельных работ (п.4.3);

- подготовка к защите практического задания, оформление отчета.

- подготовка к защите лабораторных работ, оформление отчета.

Курсовая работа является этапом изучения дисциплины. Целью выполнения курсовой проекта является закрепление, углубление и проверка усвоения студентами теоретических знаний и умения их практического и творческого использования при проектировании оптических резонаторов.

Курсовая работа должна содержать следующие элементы

- титульный лист;

- оглавление;

- введение;

- расчётная часть;

- заключение;

- список используемых источников.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», при изучении студентами дисциплины «Лазерные и волоконно-оптические устройства» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных технологий проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой преподавателя и студента.

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;

- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях;

При организации самостоятельной работы студентов используется комплекс учебных и учебно-методических материалов в сетевом доступе (программа, методические пособия, список рекомендуемых источников литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме и вопросы для самоконтроля).

Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций, лабораторных и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучаемых, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия экспресс-заданий, совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая компетенции, предусмотренные для данной дисциплины.

Проведение ряда занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, наглядных пособий.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- 1) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
- 2) Свободно распространяемый офисный пакет LibreOffice (лицензия LGPL-3.0+)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для освоения дисциплины необходимы:

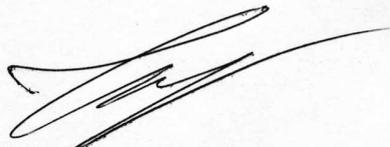
1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения лабораторного практикума необходима специализированная лаборатория, оснащенная цифровыми осциллографами RIGOL DS1102E, цифровыми генераторами сигналов RIGOL DG102Z, мультиметрами M-830BZ, блоками питания NY3002, макетными платами с твердотельными приборами, радиодеталями, соединительными проводниками;

3) образцы отчетов по лабораторным работам;

4) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием.

Программу составил
профессор, д.ф.-м.н.



М.В. Чиркин