

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.



\_\_\_\_\_ 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.05 ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ

индекс и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Направление подготовки/специальность

### 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

код и наименование направления подготовки/специальности

Направленность (профиль) «Оптические системы и сети связи»

наименование направленности (профиля)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины **Б1.В.05 Оптоэлектронные и квантовые приборы** составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**, профиль подготовки «**Оптические системы и сети связи**».

Программу составили:

В. А. Никитин В. А. Никитин, кандидат технических наук, доцент кафедры оптоэлектроники физико-технического факультета КубГУ.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры оптоэлектроники  
« 10 » 04 2023 г. протокол № 9

Заведующий кафедрой оптоэлектроники Н. А. Яковенко Н. А. Яковенко

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
20. 04 2023 г, протокол № 10 .

Председатель УМК факультета Н. М. Богатов Н. М. Богатов

Рецензенты:

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «КубГУ»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

**1.1 Цель дисциплины:** формирование компетенций, связанных со знанием принципов работы, технологией изготовления и методами эксплуатации современной радиоэлектронной и оптоэлектронной аппаратуры в инфокоммуникационных технологиях и системах связи.

**1.2 Задачи дисциплины:** научить студентов принципам работы, методам проектирования, изготовления и эксплуатации оптоэлектронных элементов, сетей и средств связи.

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

Дисциплина «Оптоэлектронные и квантовые приборы» относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль подготовки «Оптические системы и сети связи».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по дисциплинам электричество и магнетизм, оптика, электроника, химия. Знания, приобретенные при изучении дисциплины «Оптоэлектронные и квантовые приборы», необходимы для обоснованного применения оптоэлектронных и квантовых приборов в оптических системах передачи и обработки информации, создания и эксплуатирования современных оптоэлектронных устройств и систем связи.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК-2,1, ПК-2,2, Пк-2,3, ПК-6,1, ПК-6,2, ПК-6,3).

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-2,1, ПК-2,2, Пк-2,3	Осуществляет проведение работ по обработке и анализу	принципы оптоэлектронного преобра-	применять полученные теоретические	навыками эксплуатации современных



№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		<p>научно-технической информации и результатов исследований</p> <p>Осуществляет выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок</p> <p>Подготавливает элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ</p>	<p>зования и физические основы работы оптоэлектронных и квантовых приборов для оптических сетей и систем связи.</p>	<p>знания к практическому взаимодействию с объектами оптоэлектронной техники для обработки и передачи информации в оптических и волоконно-оптических системах связи.</p>	<p>оптоэлектронных и квантовых приборов и оборудования, используемого в оптических и волоконно-оптических системах связи.</p>
2.	ПК-6,1, ПК-6,2, ПК-6,3	<p>Осуществляет сбор исходных данных, определяет задачи, решаемые с помощью объекта, системы связи (телекоммуникационной системы), и ожидаемые результаты его использования</p> <p>Формирует требования и варианты концепций схемы организации связи объекта, системы связи (телекоммуникационной системы)</p> <p>Осуществляет обоснование выбора информационных технологий, предварительных технических решений по объекту, системе связи (телекоммуникационной системе) и ее компонентам, оборудования и программного обеспечения</p>	<p>принципы работы, основные свойства и технологию изготовления элементной базы средств и сетей оптической и волоконно-оптической связи.</p>	<p>собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей оптической связи и их элементов.</p>	<p>навыками эксплуатации современной физической, технологической и оптоэлектронной аппаратуры оптических и волоконно-оптических систем и сетей связи.</p>

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	52	7
В том числе:		
Занятия лекционного типа	20	7
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	32	7
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	92	7
В том числе:		
СРС	52	7
Контроль	40	
Вид промежуточной аттестации (экзамен), зачет	Экзамен, зачет	7
Общая трудоемкость	час	144
	зач. ед.	4

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (для студентов ОФО)

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа	
			Л	ПЗ	ЛР		
1	2	3	4	5	6	7	
1.	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	10	2				8



2.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	12	2	2		8
3.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	16	2	2	4	8
4.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	16	2	2	4	8
5.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных световодов и методы их изготовления	18	2	2	4	10
6.	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Элементная база интегральной оптики, области использования и преимущества интегральной оптики.	12	2			10
7.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	18	2	2	4	10
8.	Материалы подложек интегрально-оптических схем. Технология изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур на поверхности подложек.	14	2	2		10
9.	Методы изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур в подложках.	14	2	2		10
10.	Изготовление интегрально-оптических элементов методом электростимулированной миграции ионов.	14	2	2		10
	<i>Итого по дисциплине:</i>	144	20	16	16	92

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника. Электроны и фотоны как носители информации. Принципы оптоэлектронного преобразования. Классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
2.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Спектральные характеристики СИД. Вольтамперные характеристики СИД. Конструкции СИД и их диаграммы направленности. Применение СИД в устройствах отображения знаковой информации. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
3.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	Условия генерации лазерным диодом (ЛД) когерентного излучения, условие инверсионной населенности. Коэффициент усиления и его связь с параметрами ЛД. Квантовая эффективность и к.п.д. лазера. Ватт-амперная характеристика и ее описание. Применение лазеров в принтерах и CD-ROM. Лазеры в медицинской диагностической аппаратуре.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
4.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике.	Физические основы работы фотоприемников. Классификация фотонных детекторов. Вольтамперные характеристики фоторезисторов. Фотовольтаические приемники и преобразователи солнечной энергии. Типовые структуры быстродействующих pin фотодиодов. Спектральные характеристики фотоприемников.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
5.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Конструкции и типы воло-	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Физические основы прохождения излучения через волоконный световод. Типы и конструкции световодов, характеристики	Ответы на контрольные вопросы и задания. Написание реферата.



	конных световодов.	их потерь, входная и числовая апертура. Прохождение излучения через световоды с градиентными профилями показателя преломления. Передача нерегулярной и регулярной информации через жгуты световодов. Элементы конструкций волоконно-оптического кабеля. Применение световодов в ВОЛС, медицине и обработке информации. Световодные моды. Оценка числа мод. Условие для одномодового световода.	
6.	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Элементная база интегральной оптики, области использования и преимущества интегральной оптики.	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Типы диэлектрических микроволноводов. Особенности распространения излучения в диэлектрическом микроволноводе	Ответы на контрольные вопросы и задания.
7.	Оптроны, их классификация, свойства и области применения.	Элементарный оптрон как структурный элемент микро- и оптоэлектроники. Схемные конфигурации элементарных оптронов. Оптрон с прямой оптической связью. Применение оптронов в цифровых и аналоговых схемах, устройствах коммутации, дешифраторах, преобразователях кодов.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
8.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов. Физические основы построения и конструкции акустооптических модуляторов. Физические основы построения акустооптических переключателей оптических сигналов. Магнитооптические эффекты и принципы построения модуляторов и переключателей света.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
9.	Материалы подложек интегрально-оптических схем. Технология изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур на поверхности подложек.	Материалы, используемые для подложек интегрально-оптических схем. Гибридный и монокристаллический подход. Кристаллохимическое описание строения стекол. Возможности использования стекол в качестве подложек оптических интегральных схем. Ниобат и тантал лития и их применение в интегральной оптике и оптоэлектронике. Технология изготовления планарных	Ответы на контрольные вопросы и задания. Написание реферата.



		интегрально-оптических волноводов на поверхности подложки.	
10.	Методы изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур в подложках.	Методы изготовления планарных интегрально-оптических волноводов в подложках. Физические основы изготовления оптических волноводов методом твердотельной диффузии. Физические основы изготовления оптических волноводов методом ионного обмена.	Ответы на контрольные вопросы и задания.

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.		
2.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	Физические основы и принцип действия инжекционных источников света. Требования к материалам для светоизлучающих диодов. Спектральные характеристики, конструкции и диаграммы направленности СИД.	Ответы на контрольные вопросы и задания; контрольные работы; практические задания; тестирование.
3.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	Принцип работы, условие инверсионной населённости, коэффициент усиления, квантовая эффективность, к.п.д., ватт-амперная характеристика. РОС и РБО-лазеры. Применение лазеров в принтерах и оптических дисках. Лазеры в медицинской и диагностической аппаратуре.	Ответы на контрольные вопросы и задания; контрольные работы; практические задания; тестирование.
4.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике.	Физические основы работы ФП. Классификация фотонных детекторов. Фоторезисторы. Фотодиоды. Вольтамперные характеристики ФП. Спектральные характеристики фотоприёмников. Фотовольтаические приёмники и преобразователи солнечной энергии. Pin-фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Принцип действия и устройство фото-ПЗС.	Ответы на контрольные вопросы и задания; контрольные работы; практические задания; тестирование.
5.	Оптические среды. Эле-	Принцип работы световодов. Основ-	Ответы на кон-

	менты волоконной и интегральной оптики. Конструкции и типы волоконных световодов.	ные характеристики световодов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые световоды. Изготовление оптических кварцевых волокон. Применения световодов: эндоскопы, датчики физических величин.	трольные вопросы и задания; контрольные работы; практические задания; тестирование.
6.	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Элементная база интегральной оптики, области использования и преимущества интегральной оптики.		
7.	Оптроны, их классификация, свойства и области применения.		
8.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов.	Ответы на контрольные вопросы и задания; контрольные работы; практические задания; тестирование.
9.	Материалы подложек интегрально-оптических схем. Технология изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур на поверхности подложек.	Технология осаждения металлических, диэлектрических и полупроводниковых пленок. Термическое вакуумное нанесение диэлектрических пленок. Ионно-плазменные методы осаждения пленок, диодная, триодная, высокочастотная схемы. Реактивное нанесение диэлектрических пленок. Эпитаксия, виды эпитаксии, методы проведения эпитаксии.	Подготовка докладов и выступление по теме изучаемого раздела.
10.	Методы изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур в подложках.	Физические основы изготовления оптических волноводов методом твердотельной диффузии. Физические основы изготовления оптических волноводов методом ионного обмена. Имплантация ионов, уменьшение концентрации носителей электрического тока в полупроводниках, волноводы, получаемые электрооптическим эффектом.	Подготовка докладов и выступление по теме изучаемого раздела.



### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД). Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД).	Исследование характеристик полупроводниковых излучателей.	Отчёт по выполненной работе, ответы на контрольные вопросы и задания
2.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике.	Фотоэлектрические преобразователи.	Отчёт по выполненной работе, ответы на контрольные вопросы и задания
3.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	Акустооптические модуляторы.	Отчёт по выполненной работе, ответы на контрольные вопросы и задания
4.	Материалы подложек интегрально-оптических схем. Технология изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур на поверхности подложек.	Термическое вакуумное нанесение металлических пленок. Изучение основ фотолитографии. Изготовление и исследование зонных пластинок Френеля.	Отчёт по выполненной работе, ответы на контрольные вопросы и задания

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не запланированы.

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

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Разделы 1 –7.	Оптоэлектроника. Ч. 1: Физические основы полупроводниковой

		<p>оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника / О. Н. Ермаков, А. Н. Пихтин, Ю. Ю. Протасов, С. А. Тарасов ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - М. : Янус-К, 2010. - 699 с.</p> <p>Оптоэлектроника. Ч. 2: Оптроника / О. Н. Ермаков ; А. Н. Пихтин, Ю. Ю. Протасов, С. А. Тарасов ; под общ. ред. И. Б. Федорова. - М. : Янус-К, 2011. - 611 с.</p>
2.	Разделы 8 –10.	<p>Никитин В. А. Физические технологии оптоэлектроники: лабораторный практикум / В. А. Никитин, Н. А. Яковенко, Краснодар, 2019. – 139 с.</p> <p>Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике / В. А. Никитин, Н. А. Яковенко. 3-е изд. доп. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013. 245 с.</p> <p>Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2008. – 400 с.</p>

### 3. Образовательные технологии

Для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (компьютеры, проекторы, интерактивные презентации, тренировочные тесты, моделирование работы оптоэлектронных устройств), позволяющие воспринимать особенности изучаемой профессии.

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

#### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

1. Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника.
2. Электроны и фотоны как носители информации.
4. Принципы оптоэлектронного преобразования.
5. Классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике.
6. Физические основы и принцип действия инжекционных источников света..
7. Конструкции типовых светоизлучающих диодов (СИД).
8. Коэффициент инжекции и его связь с характеристиками материалов, входящих в структуру p-n-перехода СИД.
9. Спектральные характеристики СИД.
10. Вольтамперные характеристики СИД. Температурные зависимости излучения СИД.
11. Конструкции СИД и их диаграммы направленности.
12. Применение СИД в устройствах отображения знако-буквенной информации.
13. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи.
14. Условия генерации лазерным диодом (ЛД) когерентного излучения, условие инвер-



сионной населенности.

15. Коэффициент усиления и его связь с параметрами ЛД.
16. Квантовая эффективность и к.п.д. лазера.
17. Ватт-амперная характеристика и ее описание.
18. Характеристики резонатора Фабри-Перо.
19. Применение лазеров в принтерах и оптических дисках. Лазеры в медицинской диагностической аппаратуре.
20. Физические основы работы фотоприемников (ФП).
21. Классификация фотонных детекторов.
22. Фоторезисторы (ФР).
23. Фотодиоды (ФД).
24. Вольтамперные характеристики ФР.
25. Фотовольтаические приемники и преобразователи солнечной энергии.
26. Типовые структуры быстродействующих рпн фотодиодов.
27. Спектральные характеристики фотоприемников.
28. Принцип действия и устройство ФОТО-ПЗС. Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики.
29. Физические основы прохождения излучения через волоконный световод.
30. Типы и конструкции световодов, характеристики их потерь, входная и числовая апертура.
31. Прохождение излучения через световоды с градиентными профилями показателя преломления.
32. Светопропускание прямого световода с прямыми торцами.
33. Передача нерегулярной и регулярной информации через жгуты световодов. Элементы конструкций волоконно-оптического кабеля.
34. Основные методы изготовления единичных световодов и жгутов световодов. Применение световодов в ВОЛС, медицине и обработке информации.
35. Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты.
36. Типы диэлектрических микроволноводов.
37. Особенность распространения излучения в диэлектрическом микроволноводе.
38. Элементарный оптрон как структурный элемент микро- и оптоэлектроники.
39. Схемные конфигурации элементарных оптронов.
40. Оптоны с прямой оптической связью. Применение оптронов в цифровых и аналоговых схемах, устройствах коммутации, дешифраторах, преобразователях кодов.
41. Кристаллохимическое описание строения стекол. Возможности использования стекол в качестве подложек оптических интегральных схем.
42. Кварцевое стекло, его свойства и возможности применения в интегральной оптике
43. Ниобат и танталат лития и их применение в интегральной оптике и оптоэлектронике.
44. Технология изготовления планарных интегрально-оптических волноводов на поверхности подложки.
45. Термическое вакуумное нанесение плёнок. Преимущества и недостатки метода.
46. Ионно-плазменное напыление тонких плёнок. Диодная и триодная схемы. Преимущества и недостатки использования этих схем.
47. Магнетронное распыление плёнок.
48. Высокочастотное и реактивное распыление плёнок.
49. Эпитаксия. Виды эпитаксии и способы проведения эпитаксии.
50. Методы изготовления планарных интегрально-оптических волноводов в подложках.
51. Физические основы изготовления оптических волноводов методом твердотельной диффузии.
52. Физические основы изготовления оптических волноводов методом ионного обмена.



53. Материалы, применяемые при изготовлении оптических волноводов методом твердотельной диффузии и ионного обмена. Свойства получаемых волноводов.
54. Получение интегрально-оптических волноводов имплантацией ионов и их свойства.
55. Получение интегрально-оптических волноводов с помощью уменьшения концентрации носителей и электрооптического эффекта.
56. Технология изготовления интегрально-оптических канальных волноводов.
57. Фотолитография. Последовательность операций в процессе фотолитографии.
58. Виды фоторезистов и способы их нанесения. Основные параметры фоторезистов.
59. Изготовление интегрально-оптических элементов методом электростимулированной миграции ионов.
60. Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов
61. Основы модуляции оптических сигналов, физические основы электрооптического эффекта.
62. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов.
63. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов.
64. Физические основы построения и конструкции акустооптических модуляторов.
65. Физические основы построения акустооптических переключателей оптических сигналов.
66. Магнитооптические эффекты и принципы построения модуляторов и переключателей света.
67. Световодные моды. Оценка числа мод. Условие для одномодового световода. Различные типы световодов.

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

1. Современная оптоэлектроника. Электроны и фотоны как носители информации. Области применений, преимущества и особенности оптоэлектроники.
2. Принцип работы светоизлучающих диодов. Прямозонные и непрямозонные материалы для оптоэлектроники.
3. Полупроводниковые лазеры. Принцип работы. Продольные и поперечные моды. Условие образования инверсии населенности. Основные характеристики п/п лазеров.
4. Зонная диаграмма гетеропереходов. Подбор полупроводниковых материалов для гетероструктур. Особенности работы лазеров на двойной гетероструктуре.
5. Принцип работы световодов. Основные характеристики световодов. Механизм образования мод. Многомодовые и одномодовые световоды. Применения световодов.
6. Потери в световодах.
7. Ступенчатые и градиентные световоды. Материальная дисперсия. Внутримодовая дисперсия. Дисперсионные характеристики кварцевых световодов.
8. Классификация фотоприемников. Действие излучения на p/n переход. Вольтамперная характеристика полупроводниковых фотодиодов. Гальванический и диодный режимы работы фотодиода.
9. Лавинные и pin-фотодиоды.
10. Принцип работы фотоэлектрических преобразователей. Основные характеристики кремниевых солнечных преобразователей.
11. Акустооптический эффект. Акустооптические модуляторы, дефлекторы и их применение.
12. Электрооптический эффект. Электрооптические модуляторы и их применение.



13. Материалы, используемые для подложек интегрально-оптических схем. Гибридный и монокристаллический подход.
14. Кристаллохимическое описание строения стекол.
15. Технология изготовления планарных интегрально-оптических волноводов на поверхности подложки.
16. Ионно-плазменное напыление тонких плёнок. Диодная и триодная схемы.
17. Магнетронное распыление плёнок.
18. Высокочастотное и реактивное распыление плёнок.
19. Термическое вакуумное нанесение плёнок.
20. Методы изготовления планарных интегрально-оптических волноводов в подложках.
21. Технология изготовления интегрально-оптических канальных волноводов.
22. Изготовление интегрально-оптических элементов методом электро-стимулированной миграции ионов (физические основы, технологические приемы).
23. Волоконные световоды, их свойства и основные технологические методы их изготовления.
24. Материалы, используемые при изготовлении оптических волокон.
25. Фотолитография. Последовательность операций в процессе фотолитографии.
26. Виды фоторезистов и способы их нанесения. Основные параметры фоторезистов.
27. Волоконные разветвители оптических сигналов.
28. Интегрально-оптические разветвители, типы, конструкции, способы изготовления.
29. Технология изготовления и исследование интегрально-оптических разветвителей.
30. Методы изготовления микролинз и матриц микролинз.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### 5.1 Основная литература:

1. Игнатов А. Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие – М.: Эко-Трендз, 2006.
2. Прохоров В.П. Волноводная оптоэлектроника: лабораторный практикум / В.П. Прохоров, Н.А. Яковенко. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2005.
3. Дудкин В.И. Квантовая электроника. Приборы и их применение: Учеб. пособие – М.: Техносфера, 2006.
4. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. – СПб.: Лань, 2011. – [e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=684](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=684)
5. Портнов Э. Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009.
6. Звелто О. Принципы лазеров. – СПб-М.-Краснодар: Лань, 2008.
7. Никитин В. А. Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике / В. А. Никитин, Н. А. Яковенко. 3-е изд. доп. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2013.
8. Физические технологии интегральной оптики: лабораторный практикум / В. А. Никитин, Н. А. Яковенко, Краснодар, 2019.

### 5.2 Дополнительная литература:

1. Твёрдотельная фотоэлектроника. Физические основы / А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко – М.: Физматкнига, 2007.
2. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. Перевод с французского. – М.: Техносфера, 2006.



3. Гитин В. Я. Волоконно-оптические системы передачи. – М.: Радио и связь, 2003
4. Портнов Э. Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи / Э. Л. Портнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
5. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2008.
6. Оптоэлектроника. Ч. 1: Физические основы полупроводниковой оптоэлектроники. Когерентная оптоэлектроника / О.Н. Ермаков, А.Н. Пихтин, Ю.Ю. Протасов, С.А. Тарасов; под общ. ред. И.Б. Федорова. – М.: Янус-К, 2010.
7. Оптоэлектроника. Ч. 2: Оптроника / О.Н. Ермаков; А.Н. Пихтин, Ю.Ю. Протасов, С.А. Тарасов ; под общ. ред. И.Б. Федорова. – М.: Янус-К, 2011.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Журналы Фотоника, Квантовая электроника, Оптический журнал, Автометрия.  
 Журнал «Фотон-экспресс» / [www.fotonexpress.ru](http://www.fotonexpress.ru) /  
 Журнал «Lightwave Russian Edition» / [www.lightwave-russia.com/](http://www.lightwave-russia.com/) /  
 Журнал «Вестник связи» / [www.vestnik-sviazy.ru /](http://www.vestnik-sviazy.ru/)  
<http://www.kubsu.ru/University/library/resources/>  
<http://www.rubricon.com/>.  
<http://window.edu.ru/window>.

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

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
1.	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	2	Устный ответ, текстовый документ.	1
2.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	2	Текстовый документ.	1
3.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	4	Устный ответ, текстовый документ.	2
4.	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	4	Текстовый файл.	2
5.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Конструкции и типы волоконных световодов.	2	Устный ответ, текстовый документ.	2
6.	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Элементная база интегральной оптики, области использования и преимущества интегральной оптики.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
7.	Оптроны, их классификация, свойства и области применения.	2	Текстовый документ.	1
8.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излуче-	2	Текстовый документ.	1



№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
	ния в оптоэлектронике.			
9.	Материалы подложек интегрально-оптических схем. Технология изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур на поверхности подложек.	2	Устный ответ, текстовый документ.	1
10.	Методы изготовления интегрально-оптических волноводов и волноводных структур в подложках.	2	Устный ответ, текстовый документ.	2
11.	Изготовление интегрально-оптических элементов методом электростимулированной миграции ионов.	4	Устный ответ, текстовый документ.	2
	<b>Итого</b>	<b>30</b>		<b>16</b>

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Реализация Профиля предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории, оборудованные видеопроекторным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет,
- лаборатория «Оптоэлектроники и оптической связи» с экспериментальными стендами по изучению лазеров, фотоприёмников, оптронов, модуляторов, пассивных элементов ВОЛС, сварке оптических волокон, рефлектометрическими измерениями и компьютерным стендом с оптической линией связи и выходом в интернет.
- оборудование вакуумного напыления металлических пленок для проведения лабораторных работ по изучению свойств металлов (ВУП-5, АдъфаН-1, УВР-3М);
- оборудование для изучения процесса фотолитографии (установки нанесения фоторезиста SPIN-1200T, SPIN-1200D, установка совмещения и экспонирования 830-II, комплекс лазерной безмасковой литографии µPG101).