

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



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Т.А. Хагуров

«30» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ КВАНТОВЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ И СЕТЯХ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки

11.04.02 Информационные технологии и системы связи

(код и наименование направления подготовки)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Направленность (профиль)

Оптические системы локации, связи и обработки информации

(наименование направленности (профиля))

Квалификация магистр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины “Б1.В.01 Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях” составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки “11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи”.

Программу составил:

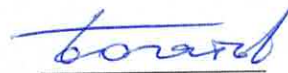
Яковенко Николай Андреевич, профессор кафедры оптоэлектроники, д.т.н.

Рабочая программа дисциплины “Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях” утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ
протокол № 10 «22» апреля 2025 г.

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

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

Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



Рецензенты:

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

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

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины: состоит в обеспечении студентов в области элементной базы систем оптической связи. Основной задачей дисциплины является изучение свойств традиционных и перспективных материалов и компонентов фотоники. К их числу относятся кристаллические, стеклянные и керамические материалы, используемые в интегральной оптике, а также методика формирования интегрально-оптических структур с заданными оптическими свойствами для систем оптической связи. Формирование компетенций, связанных со знанием принципов работы, технологией изготовления и методами эксплуатации современных оптоэлектронных компонентов в инфокоммуникационных технологиях и системах связи, формирование компетенций, связанных с подготовкой студентов в области элементной базы систем оптической связи.

1.2 Задачи дисциплины: заключаются в подготовке студентов к решению профессиональных задач при составлении описания принципов действия и структуры проектируемых сетей, сооружений и оборудования, средств и услуг оптической связи. Научить студентов принципам работы, методам проектирования, изготовления и эксплуатации оптоэлектронных элементов, сетей и средств связи на основе знаний полученных при изучении материалов, применяемых при изготовлении различных компонентов оптоэлектроники и интегральной оптики.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты получают знания, имеющие не только прикладное значение, но и являющиеся фундаментом для изучения ряда последующих специальных дисциплин и практической работы.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина Б1.В.01 «Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в процессе изучения дисциплин: «Оптические направляющие среды», «Современные проблемы инфокоммуникационных технологий и систем связи», «Оптоэлектроника», «Оптика».

Знания, приобретенные при изучении дисциплины «Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях», 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, ПК-6).

ПК-2 Способен проводить анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем в области инфокоммуникаций.

ПК-6 Способен к планированию оптимизации и развитию сетей связи

№ п.п.	Индекс компет енции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-2	Способен проводить анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем в области инфокоммуникаций.	Физические и технологические основы производства материалов фотоники и интегральной оптики.	Критически и обоснованно подходить к вопросам применения материалов фотоники в конкретных схемах оптической связи.	Навыками практической работы с современным оборудованием, используемым в оптических и волоконно-оптических системах связи.
2.	ПК-6	Способен к планированию оптимизации и развитию сетей связи	Устройство, особенности основных характеристик и параметры компонентов фотоники, оптоэлектроники и интегральной оптики	Теоретические и экспериментальные исследования в области ИКТиСС.	Навыками работы с современной научно-технической литературой по передовым инфокоммуникационным технологиям.

2 Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице
(для магистрантов ОФО).

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)		
			2	3	4
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):		96	34	30	32
Занятия лекционного типа		28	10	10	8
Лабораторные занятия		38	12	10	16
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		30	12	10	8
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)		—	—	—	—
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,9	0,3	0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:		66	38	15	13
Курсовая работа		—	—	—	—
Проработка учебного (теоретического) материала		66	38	15	13
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		—	—	—	—
Реферат		—	—	—	—
Подготовка к текущему контролю		—	—	—	—
Контроль:					
Подготовка к экзамену		89,1	35,7	26,7	26,7
Общая трудоемкость	час.	252	108	72	72
	в том числе контактная работа	96,9	34,3	30,3	32,3
	зач. ед	7	3	2	2

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые во 2 семестре 1 курса магистратуры.

	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Оптоэлектроника, предметы изучения оптоэлектроники, Основы оптоэлектроники.	10	2			8
2	Физические основы и особенности квантовых приборов	14	2	2	2	8
3	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	16	2	2	4	8
4	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	16	2	2	4	8
5	Фотоприемники, принципы работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	16	2	2	4	8
6	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных световодов и методы их изготовления.	16	2	2	4	8
7	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Элементная база интегральной оптики, области использования и преимущества интегральной оптики.	12	2	2		8
8	Оптроны, их классификация, свойства и области применения.	14		2	4	8
9	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	16	2	2	4	8
10	Интегрально-оптические волноводы и волноводные структуры на поверхности подложек.	12	2	2		8
11	Термическое вакуумное нанесение плёнок. Преимущества и недостатки метода. Физические основы термического нанесения пленок.	16	2	2	4	8
12	Конденсация, образование зародышей и рост тонких пленок в процессе их осаждения.	12	2	2		8
13	Полупроводниковые материалы и методы получения полупроводниковых подложек.	10	2			8

14	Эпитаксиальное выращивание полупроводниковых пленок. Виды эпитаксии и реакторов для проведения эпитаксии.	10		2		8
15	Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов.	12	2	2		8
16	Интегральные микролинзы и матрицы микролинз, их свойства, методы изготовления и применение.	12	2	2		8
17	Фотолитографические процессы в интегральной оптике.	12			4	8
18	Зонные пластины Френеля, методы изготовления и их применение в оптоэлектронике.	12			4	8
19	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных и интегральных световодов и методы их изготовления	10		2		8
	Подготовка к экзамену	4				4
	Итого по Дисциплине:	252	28	30	38	156

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

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. Электроника 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 особенности квантовых приборов	Принцип работы квантовых приборов. Квантовые преобразования. Физические основы поглощения квантового излучения и его излучения.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
3	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	Физические основы и принципы действия инжекционных источников света. Спектральные характеристики СИД. Вольтамперные характеристики СИД. Конструкции СИД и их диаграммы направленности. Применение СИД в устройствах отображения знако-буквенной информации. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи	Ответы на контрольные вопросы и задания.
4	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.
5	Фотоприемники, принципы работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	Физические основы работы фотоприёмников. 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.
6	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных световодов и методы их изготовления.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Физические основы прохождения излучения через волоконный световод. Типы и конструкции световодов, характеристики 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.	Ответы на контрольные вопросы и задания.

7	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. Особенность распространения излучения в диэлектрическом микроволноводе.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
8	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.
9	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.
10	Интегрально-оптические волноводы и волноводные структуры на поверхности подложек.	Планарный интегрально-оптический волновод. Условия существования волноводных структур. Свойства волноводных структур на поверхности подложки. Методы изготовления волноводных структур на поверхности подложки.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
11	Термическое вакуумное нанесение плёнок. Преимущества и недостатки метода. Физические основы термического нанесения пленок.	Метод термического вакуумного осаждения металлических пленок. Температура испарения веществ. Зависимость длины свободного пробега испаренных частиц от величины вакуума. Законы Ламберта-Кнудсена и их применение в процессе термовакuumного распыления пленок.	Анкетирование, опрос, практические задания
12	Конденсация, образование зародышей и рост тонких пленок в процессе их осаждения.	Адсорбция испаряемых атомов на подложке. Коэффициент термической аккомодации. Образование зародышей на поверхности подложки. Границы зерен, площадь поверхности.	Анкетирование, опрос, практические задания

13	Полупроводниковые материалы и методы получения полупроводниковых подложек.	Собственная и примесная проводимость полупроводников. Донорные и акцепторные примеси. Способы получения монокристаллов полупроводников. Метод Бриджмена, метод зонной плавки, метод Чохральского, бестигельные методы выращивания монокристаллов полупроводников.	Анкетирование, опрос, практические задания
14	Эпитаксиальное выращивание полупроводниковых пленок. Виды эпитаксии и реакторов для проведения эпитаксии.	Определение эпитаксии как метода получения монокристаллических полупроводниковых пленок при изготовлении полупроводниковых лазеров и фотоприемников. Виды эпитаксии. Методы и режимы проведения эпитаксии. Конструкции реакторов для эпитаксии.	Анкетирование, опрос, практические задания
15	Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов.	Применение диффузионных законов в случае наличия внешнего стимулирующего электрического поля. Достоинства метода электростимулированной миграции ионов при создании многомодовых интегрально-оптических волноводов и микролинз.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
16	Интегральные микролинзы и матрицы микролинз, их свойства, методы изготовления и применение.	Интегральные микролинзы и методы их изготовления. Оптические свойства микролинз. Фокусное расстояние. Коэффициент заполнения в матрице микролинз. Области применения матриц микролинз.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
17	Фотолитографические процессы в интегральной оптике.	Виды литографических процессов, применяемых в электронике, оптоэлектронике и интегральной оптике. Преимущества и недостатки различных видов литографических процессов. Последовательность операций в процессе фотолитографии. Типы и свойства фоторезистов.	Анкетирование, опрос, практические задания

18	Зонные пластины Френеля, методы изготовления и их применение в оптоэлектронике.	Метод Гюйгенса-Френеля и его использование при построении изображения в зонной пластинке. Радиус зон в зонной пластинке и их площадь. Амплитудная и фазовая зонные пластинки. Зонная пластинка как собирающая и рассеивающая линзы. Достоинства и недостатки зонных пластин.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
19	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных и интегральных световодов и методы их изготовления.	Канальные интегрально-оптические волноводы со ступенчатым и градиентным распределением показателя преломления. Распространение света в таких канальных волноводах и оптических световодах. Методы их изготовления	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	Физические основы и особенности квантовых приборов	Виды квантовых переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населённость. Ширина спектральной линии. Взаимодействие бегущих волн с активной средой. Закон Бугера. Условия усиления и генерации колебаний в квантовых системах. Излучательная рекомбинация пар электрон-дырка в светодиодах. Затухание люминесценции. Безизлучательная рекомбинация в объёме материала. Конкуренция между излучательной и безизлучательной рекомбинацией.	Анкетирование, опрос, практические задания
2	Физические основы и принципы действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	Физические основы и принцип действия инфекционных источников света. Требования к материалам для светоизлучающих диодов. Спектральные характеристики, конструкции и диаграммы направленности СИД.	Анкетирование, опрос, практические задания
3	Физические основы работы полупроводниковых лазерных	Принцип работы, условие инверсионной населённости,	Анкетирование, опрос,

	диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	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.	практические задания
4	Фотоприемники, принцип работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых оптоэлектронике. ФЭП	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.	Анкетирование, опрос, практические задания
5	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Конструкции и типы волоконных световодов.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Физические основы прохождения излучения через волоконный световод. Типы и конструкции световодов, характеристики 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.	Анкетирование, опрос, практические задания
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. Особенность распространения излучения в диэлектрическом микроволноводе.	Анкетирование, опрос, практические 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.	Анкетирование, опрос, практические задания
8	Физические основы модуляции света, способы осуществления	Основы модуляции оптических сигналов, физические основы	Анкетирование, опрос,

	модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	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.	практические задания
9	Интегрально-оптические волноводы и волноводные структуры на поверхности подложек.	Планарный интегрально-оптический волновод. Условия существования волноводных структур. Свойства волноводных структур на поверхности подложки. Методы изготовления волноводных структур на поверхности подложки.	Анкетирование, опрос, практические задания
10	Термическое вакуумное нанесение плёнок. Преимущества и недостатки метода. Физические основы термического нанесения плёнок.	Метод термического вакуумного осаждения металлических плёнок. Температура испарения веществ. Зависимость длины свободного пробега испаренных частиц от величины вакуума. Законы Ламберта-Кнудсена и их применение в процессе термовакuumного распыления плёнок.	Анкетирование, опрос, практические задания
11	Конденсация, образование зародышей и рост тонких плёнок в процессе их осаждения.	Адсорбция испаряемых атомов на подложке. Коэффициент термической аккомодации. Образование зародышей на поверхности подложки. Границы зерен, площадь поверхности.	Анкетирование, опрос, практические задания
12	Эпитаксиальное выращивание полупроводниковых плёнок. Виды эпитаксии и реакторов для проведения эпитаксии.	Конструкции реакторов для проведения эпитаксии. Температурный режим проведения эпитаксии. Свойства эпитаксиальных плёнок. Применение эпитаксии в процессе изготовления полупроводниковых лазеров и фотоприемников.	Анкетирование, опрос, практические задания

13	Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов.	Свойства материалов, применяемых при создании волноводных структур в стеклянных подложках методом ионного обмена и твердотельной диффузии. Законы диффузии и их решение в случае диффузии из ограниченного и не ограниченного источника.	Анкетирование, опрос, практические задания
14	Интегральные микролинзы и матрицы микролинз, их свойства, методы изготовления и применение.	Применение диффузионных законов в случае наличия внешнего стимулирующего электрического поля. Достоинства метода электростимулированной диффузии при создании интегрально-оптических микролинз.	Анкетирование, опрос, практические задания
15	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных и интегральных световодов и методы их изготовления	Волоконные световоды их свойства и методы получения. Интегрально-оптические планарные и каналные волноводы, их свойства и методы изготовления. Типы волоконных и интегральных световодов.	Анкетирование, опрос, практические задания

2.3.3 Лабораторные занятия.

	Наименование лабораторных работ		Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Полупроводниковые лазеры.		Отчет по лабораторной работе
2	Волоконные световоды		Отчет по лабораторной работе
3	Фотоэлектрические преобразователи		Отчет по лабораторной работе
4	Оптроны		Отчет по лабораторной работе
5	Акустооптические модуляторы		Отчет по лабораторной работе

6	Электрооптические модуляторы	Отчет по лабораторной работе
7	Термическое вакуумное нанесение плёнок.	Отчет по лабораторной работе
8	Фотолитографические процессы в интегральной оптике.	Отчет по лабораторной работе
9	Изготовление и исследование зонных пластинок Френеля.	Отчет по лабораторной работе

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

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)

	вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 316 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904 . Никитин В.А., Яковенко Н.А, Физические технологии оптоэлектроники. Лабораторный практикум. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2019. 139 с. Никитин В.А., Яковенко Н.А. Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике. Краснодар. Из-во КубГУ. 2013. 245 с. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. "Технология полупроводниковых диэлектрических материалов" Санкт-Петербург: Лань, 2002. С.424.

2	Подготовка к практическим занятиям	Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учеб. пособие. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904 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. 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. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. – СПб.: Лань, 2011. – e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=684
3	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Никитин В.А., Яковенко Н.А, Физические технологии оптоэлектроники. Лабораторный практикум. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2019. 139 с. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 316 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91904 Изготовление канальных волноводов в стеклах Головатенко Н.А., Никитин В.А., Новосельцев Н.Н., Тхатель А.Ш. Современные проблемы физики, биофизики и инфокоммуникационных технологий, коллективная монография. Выпуск 7 / Авторская редакция. – Краснодар: ЦНТИ, 2018 С. 38-48.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

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

Семестр	Вид занятия	Образовательные технологии	Количество часов
2	Лекции	Интерактивная лекция с мультимедийной системой.	10
	Практические работы	Индивидуальное выполнение практических заданий.	12
	Лабораторные занятия	Индивидуальное выполнение лабораторных заданий.	12
Итого:			34

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

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Оперативный контроль осуществляется путем проведения компьютерных опросов студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины. При проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к разделам:

Раздел 1.

Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника. Электроника и фотоны как носители информации. Принципы оптоэлектронного преобразования. Какова классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике?

Раздел 2.

Принцип работы квантовых приборов. Квантовые преобразования. Физические основы поглощения квантового излучения и его излучения.

Раздел 3.

Физические основы и принципы действия инжекционных источников света. Спектральные характеристики СИД. Вольтамперные характеристики СИД. Конструкции СИД и их диаграммы направленности. Применение СИД в устройствах отображения знако-буквенной информации. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи.

Раздел 4.

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.

Раздел 5.

Физические основы работы фотоприёмников. Классификация фотонных детекторов. Вольтамперные характеристики фоторезисторов. Фотовольтаические приемники и преобразователи солнечной энергии. Типовые структуры быстродействующих pin фотодиодов. Спектральные характеристики фотоприемников.

Раздел 6.

Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Физические основы прохождения излучения через волоконный световод. Типы и конструкции световодов,

характеристики 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.

Раздел 7.

Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Типы диэлектрических микроволноводов. Особенность распространения излучения в диэлектрическом микроволноводе.

Раздел 8.

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.

Раздел 9.

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.

Раздел 10.

Планарный интегрально-оптический волновод. Условия существования волноводных структур. Свойства волноводных структур на поверхности подложки. Методы изготовления волноводных структур на поверхности подложки.

Раздел 11.

Метод термического вакуумного осаждения металлических пленок. Температура испарения веществ. Зависимость длины свободного пробега испаренных частиц от величины вакуума. Законы Ламберта-Кнудсена и их применение в процессе термовакуумного распыления пленок.

Раздел 12.

Адсорбция испаряемых атомов на подложке. Коэффициент термической аккомодации. Образование зародышей на поверхности подложки. Границы зерен, площадь поверхности.

Раздел 13.

Собственная и примесная проводимость полупроводников. Донорные и акцепторные примеси. Способы получения монокристаллов полупроводников. Метод Бриджмена, метод зонной плавки, метод Чохральского, бестигельные методы выращивания монокристаллов полупроводников.

Раздел 14.

Определение эпитаксии как метода получения монокристаллических полупроводниковых пленок при изготовлении полупроводниковых лазеров и фотоприемников. Виды эпитаксии. Методы и режимы проведения эпитаксии. Конструкции реакторов для эпитаксии.

Раздел 15.

Применение диффузионных законов в случае наличия внешнего стимулирующего электрического поля. Достоинства метода электростимулированной миграции ионов при создании многомодовых интегрально-оптических волноводов и микролинз.

Раздел 16.

Интегральные микролинзы и методы их изготовления. Оптические свойства микролинз. Фокусное расстояние. Коэффициент заполнения в матрице микролинз. Области применения матриц микролинз.

Раздел 17.

Виды литографических процессов, применяемых в электронике, оптоэлектронике и интегральной оптике. Преимущества и недостатки различных видов литографических процессов. Последовательность операций в процессе фотолитографии. Типы и свойства

фоторезистов.

Раздел 18.

Метод Гюйгенса-Френеля и его использование при построении изображения в зонной пластинке. Радиус зон в зонной пластинке и их площадь. Амплитудная и фазовая зонные пластинки. Зонная пластинка как собирающая и рассеивающая линзы. Достоинства и недостатки зонных пластин.

Раздел 19.

Канальные интегрально-оптические волноводы со ступенчатым и градиентным распределением показателя преломления. Распространение света в таких канальных волноводах и оптических световодах. Методы их изготовления.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Итоговый контроль осуществляется в виде экзамена в конце 2 семестра. На экзамене студентам предлагается ответить на 2 вопроса в билете по материалам учебной дисциплины. По итогам ответа на экзамене преподаватель оценивает знания студента. Экзамен является итогом дисциплины.

Вопросы к экзамену для магистрантов по дисциплине «Оптоэлектронные квантовые приборы и устройства в инфокоммуникационных системах и сетях». Физико-технического факультета.

1. Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника.
2. Электроны и фотоны как носители информации.
3. Принципы оптоэлектронного преобразования.
4. Классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике.
5. Физические основы и принцип действия инжекционных источников света.
6. Конструкции типовых светоизлучающих диодов (СИД).
7. Коэффициент инжекции и его связь с характеристиками материалов, входящих в структуру р-п-перехода СИД.
8. Спектральные характеристики СИД.
9. Вольтамперные характеристики СИД. Температурные зависимости излучения СИД.
10. Конструкции СИД и их диаграммы направленности.
11. Применение СИД в устройствах отображения знако-буквенной информации.
12. Светодиодные модули для работы с волоконно-оптическими линиями связи.
13. Условия генерации лазерным диодом (ЛД) когерентного излучения, условие инверсионной населенности.
14. Коэффициент усиления и его связь с параметрами ЛД.
15. Квантовая эффективность и к.п.д. лазера.
16. Ватт-амперная характеристика и ее описание.
17. Характеристики резонатора Фабри-Перо.
18. Применение лазеров в принтерах и оптических исках. Лазеры в медицинской диагностической аппаратуре.
19. Физические основы работы фотоприемников (ФП).
20. Классификация фотонных детекторов.
21. Фоторезисторы (ФР).
22. Фотодиод (ФД).
23. Вольтамперные характеристики ФР.
24. Фотовольтаические приемники и преобразователи солнечной энергии.
25. Типовые структуры быстродействующих рпн фотодиодов.
26. Спектральные характеристики фотоприемников.

27. Принцип действия и устройство ФОТО-ПЗС. Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики.
28. Физические основы прохождения излучения через волоконный световод.
29. Типы и конструкции световодов, характеристики их потерь, входная и числовая апертура.
30. Прохождение излучения через световоды с градиентными профилями показателя преломления.
31. Светопропускание прямого световода с прямыми торцами.
32. Передача нерегулярной и регулярной информации через жгуты световодов, Элементы конструкций волоконно-оптического кабеля.
33. Основные методы изготовления единичных световодов и лугов световодов.
34. 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. Оптрон с прямой оптической связью. Применение оптронов в цифровых и аналоговых схемах, устройствах коммутации, дешифраторах, преобразователях кодов.
41. Основы модуляции оптических синапов, физические основы электрооптического эффекта.
42. Электрооптические модуляторы и переключатели сигналов.
43. Выполнение математических операций с помощью модуляторов оптических сигналов.
44. Физические основы построения и конструкции акустооптических модуляторов.
45. Физические основы построения акустооптических переключателей оптических сигналов.
46. Сформулируйте метод термического вакуумного осаждения металлических пленок.
47. Что такое температура испарения веществ.
48. Как зависит длина свободного пробега испаренных частиц от величины вакуума.
49. Сформулируйте законы Ламберта-Кнудсена и их применение в процессе термовакuumного распыления пленок.
50. Что такое конденсация вещества?
51. Перечислите последовательность этапов образования зародышей и роста пленки.
52. Что такое коалесценция?
53. Перечислите механизмы образования дислокаций.
54. Как зависит площадь поверхности и шероховатость пленки в процессе ее напыления.
55. Какова ширина запрещенной зоны у полупроводников?
56. Что такое собственная и примесная проводимость полупроводников?
57. Чем отличаются полупроводники n – типа от полупроводников p- типа?
58. Перечислите методы получения монокристаллов полупроводников, каковы достоинства и недостатки каждого из них?
59. Запишите уравнение диффузии при наличии внешнего электрического поля.
60. Как зависит концентрация внедренных ионов при электростимулированной миграции ионов в стеклянные подложки?
61. Какими преимуществами обладает электростимулированная миграция ионов по сравнению с обычными методами диффузии?
62. Каким методом изготавливаются микролинзы и матрицы микролинз в стеклах?
63. Какими свойствами обладают микролинзы и где их применяют?
64. Как определяется коэффициент заполнения матриц микролинз?
65. Что такое эпитаксия?
66. Какие виды эпитаксии существуют?
67. Как проводится эпитаксия из газовой фазы?
68. Как проводится эпитаксия из жидкой фазы?
69. Преимущества и недостатки метода эпитаксии.
70. Каковы преимущества и недостатки метода электростимулированного ионного обмена?

71. Каким методом изготавливаются симметричные и заглубленные волноводы в стёклах?
72. Каковы этапы изготовления заглубленных канальных волноводов?
73. Как провести измерение диаметра фокального пятна микролинзы?
74. Как определить числовую апертуру микролинзы?
75. Что представляет собой делитель излучения на основе микролинз?
76. Шкала электромагнитных колебаний и область в ней, которую использует оптоэлектроника.
77. Какие источники излучения используются в ВОЛС и оптоэлектронных датчиках физических величин?
78. Классификация источников света и требования к ним в оптоэлектронике.
79. Конструкции типовых полупроводниковых лазеров
80. Каковы спектральные характеристики полупроводниковых лазеров?
81. Диаграммы направленности полупроводниковых лазеров.
82. Какими свойствами должны обладать интегрально-оптические канальные волноводы?
83. Какими свойствами обладают кварцевые световоды?
84. Какие окна прозрачности у кварцевого стекла?

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

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с индивидуальными особенностями,
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень 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. – 272 с.
2. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника

[Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 316 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91904>.

3. Никитин В.А., Яковенко Н.А, Физические технологии оптоэлектроники. Лабораторный практикум. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2019. 139 с.

4. Никитин В.А., Яковенко Н.А. Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике. Краснодар. Из-во КубГУ. 2013. 245 с.

5. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. "Технология полупроводниковых диэлектрических материалов" Санкт-Петербург: Лань, 2002. С.424.4. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань 2011. – e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=684

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература:

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие –Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2017– 316 с.– Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91904>
2. Звелто О. Принципы лазеров. – СПб-М.–Краснодар: Лань. 2008. – 720 с.
3. Мусаев Э. С. Оптоэлектронные устройства на полупроводниковых излучателях / Э. С. Мусаев. – М.: Радио и связь: [Горячая линия-Телеком], 2004. – 205 с.
4. 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. – 699 с.
5. 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.
6. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2008.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Фотон-экспресс» /www.fotonexpress.ru /.
2. Журнал «Lightwave Russian Edition» / www.lightwave-russia.com/ /.
3. Журнал «Вестник связи» /www.vestnik-sviaz.ru /.

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

1. <http://www.kubsu.ru/university/library/resources/>
2. <http://www.rubricon.com/>.
3. <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.	4		1
2.	Физические основы и особенности квантовых приборов	5		1
3.	Физические основы и принцип действия полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД).	5		1
4.	Физические основы работы полупроводниковых лазерных диодов (ЛД). Области применения полупроводниковых лазеров.	5		1
5.	Фотоприемники, принципы работы фотоприемников. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. ФЭП.	5		1
6.	Оптические среды. Элементы волоконной и интегральной оптики. Типы волоконных световодов и методы их изготовления.	4		1
7.	Интегральная оптика функциональные и прикладные аспекты. Элементная база интегральной оптики, области использования и преимущества интегральной оптики.	5		1
8.	Оптроны, их классификация, свойства и области применения.	5		1
9.	Физические основы модуляции света, способы осуществления модуляции оптического излучения в оптоэлектронике.	5		1
10	Интегрально-оптические волноводы и волноводные структуры на поверхности подложек.	4		1
11.	Термическое вакуумное нанесение плёнок. Преимущества и недостатки метода. Физические основы термического нанесения пленок.	5	Устный ответ, текстовый документ.	1

12.	Конденсация, образование зародышей и рост тонких пленок в процессе их осаждения.	5	Устный ответ, текстовый документ	1
13.	Полупроводниковые материалы и методы получения полупроводниковых подложек.	5	Устный ответ, текстовый документ.	1
14.	Эпитаксиальное выращивание полупроводниковых пленок. Виды эпитаксии и реакторов для проведения эпитаксии.	5	Устный ответ, текстовый документ.	1
15.	Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов.	5	Устный ответ, текстовый документ.	1
16.	Интегральные микролинзы и матрицы микролинз, их свойства, методы изготовления и применение.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
17.	Фотолитографические процессы в интегральной оптике.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
18.	Зонные пластины Френеля, методы изготовления и их применение в оптоэлектронике.	5	Устный ответ, текстовый документ.	1
19.	Источники излучения для ВОЛС.	4	Устный ответ, текстовый документ.	1
	<i>Итого</i>	89		19

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

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

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

8.1 Перечень информационных технологий.

Лекции: интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Программное обеспечение в рамках компании Microsoft «Enrollment for Education Solutions» для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Семинарские занятия	Специальное помещение, оснащенное презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория №325С – «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. Лаборатория № 144С – «Лаборатория технологии оптоэлектроники и фотоники» Оборудование вакуумного напыления металлических пленок (ВУП-5, АдьфаН-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).
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, (кабинет) укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.