

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

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. ректора по учебной работе,
качества образования – первый
заместитель ректора
Хагуров Т.А.
2025г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.02.01 ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОПТИКА И НАНОФОТОНИКА

(код 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) специализация

Оптические системы и сети связи

(наименование направленности (профит) специализации)

Программа подготовки

прикладная

(академическая /прикладная)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 Интегральная оптика и нанофотоника составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Оптические системы и сети связи»

Программу составил:

В.А. Никитин, канд. техн. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.02.01 Интегральная оптика и нанофотоника утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 2 от 18.09.25 г.

и. о. заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р физ.-мат. наук, профессор Векшин М.М.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 2 от 10.09.2025 г.

Председатель УМК ФТФ

д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.



подпись

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.

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины: формирование компетенций, связанных со знанием принципов работы, технологией изготовления и методами эксплуатации современных интегрально-оптических и нанофотонных устройств.

1.2 Задачи дисциплины: научить студентов принципам работы, методам проектирования, изготовления и эксплуатации интегрально-оптических и нанофотонных элементов, заключаются в изучение физических основ, устройств, принципов действия, характеристик и технологии изготовления важнейших интегрально-оптических устройств, используемых в оптических системах связи.

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 интегральная оптика и нанофотоника относится к дисциплинам по выбору для модулей Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплина базируется на знаниях, полученных в процессе изучения дисциплин: «Оптические направляющие среды», «Оптика», «Электромагнитные поля и волны».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных по дисциплинам: электричество и магнетизм, оптика, электроника, химия. Знания, приобретенные при изучении дисциплины интегральная оптика и нанофотоника, необходимы для обоснованного применения интегрально-оптических и нанофотонных 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-1).

ПК-1 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-1	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций.	Принципы работы, области применения и технологию изготовления интегрально-оптических и нанофотонных элементов и схем.	применять полученные теоретические знания к практическому взаимодействию с объектами интегральной и нанофотонной оптики для обработки и передачи информации.	навыками изготовления и эксплуатации современных интегрально-оптических элементов для оптических и волоконно-оптических систем связи и обработки информации.

2 Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
Аудиторные занятия (всего)	56	6
В том числе:		
Занятия лекционного типа	14	6
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	42	6
Самостоятельная работа (всего)	52	6
В том числе:		
СР	46,8	6
КСР	5	6
ИКР	0,2	6
Общая трудоемкость час зач. ед.	108	
	3	

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

Наименование разделов		Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа	
			Л	ПЗ		ЛР
1.	Материалы, используемые для подложек интегрально-оптических схем. Гибридный и монолитный подход. Измерение геометрических размеров интегрально-оптических элементов и структур.	10	2		4	4
2.	Кристаллохимическое описание строения стекол. Возможности использования стекол в качестве подложек оптических интегральных схем.	8	2			6

3.	Кварцевое стекло, его свойства и возможности применения в интегральной оптике	6				6
4.	Ниобат и танталат лития и их применение в интегральной оптике и оптоэлектронике.	8	2			6
5.	Термическое вакуумное нанесение плёнок. Преимущества и недостатки метода. Физические основы термического нанесения пленок. Методы измерения толщины напыленных пленок	16	2		8	3
6	Ионно-плазменное напыление тонких плёнок. Магнетронное, высокочастотное и реактивное распыление плёнок.					3
7	Изготовление интегрально-оптических канальных волноводов, разветвителей и делителей излучения. Фотолитография, ее свойства и применение в интегральной оптике.	14			8	6
8	Дифракционные решетки, зонные пластинки и их изготовление с применением установки безмасковой фотолитографии.	8			8	
9	Физические основы изготовления оптических волноводов методом твердотельной диффузии и ионного обмена. Свойства получаемых волноводов.	8	2			6
10	Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов. Интегральные микролинзы и матрицы микролинз, их свойства, методы изготовления и применение.	16	2		8	6
11	Нанопотоника, цель нанопотоники, современное состояние нанопотоники и ее перспективы. Изучение туннельного микроскопа.	14	2		6	6
12.	Подготовка к зачету	–	–		–	–
13	Итого по Дисциплине:	108	14		42	52

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.	Материалы, используемые для подложек интегрально-оптических схем. Гибридный и монолитный подход.	Классификация материалов, применяемых для создания интегрально-оптических схем. Особенности изготовления интегрально-оптических схем для систем волоконной связи и датчиков физических величин. Активные и пассивные материалы для конструкций интегрально-оптических схем.	Анкетирование, опрос, практические задания
2.	Кристаллохимическое описание строения стекол. Возможности использования стекол в качестве подложек оптических интегральных схем.	Структура силикатных стекол. Стеклообразователи и модификаторы и их роль в составе стекол. Физико-химические свойства силикатных стекол, используемых для формирования интегрально-оптических волноводных структур методом диффузии ионов.	Анкетирование, опрос, практические задания
3.	Кварцевое стекло, его свойства и возможности применения в интегральной оптике.	Физико-химическая структура кристаллического кварца и кварцевого стекла. Свойства кристаллического кварца и кварцевого стекла. Области применения кристаллического кварца и кварцевого стекла в радиотехнике, электронике, волоконной оптике.	Анкетирование, опрос, практические задания
4.	Ниобат и танталат лития и их применение в интегральной оптике и оптоэлектронике.	Оптоэлектронные свойства монокристаллов ниобата и танталата лития. Возможности создания на основе этих материалов модуляторов, дефлекторов и переключателей света. Спектроанализатор радиочастот на основе ниобата лития.	Ответы на контрольные вопросы и задания.
5.	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.	Ответы на контрольные вопросы и задания.

6	Ионно-плазменное напыление тонких плёнок. Магнетронное, высокочастотное и реактивное распыление плёнок.	Достоинства и недостатки метода ионно-плазменного напыления тонких пленок. Преимущества магнетронного, высокочастотного и реактивного распыления пленок.	Анкетирование, опрос, практические задания
7	Изготовление интегрально-оптических канальных волноводов, разветвителей и делителей излучения. Фотолитография, ее свойства и применение в интегральной оптике.	Методы изготовления интегрально-оптических канальных волноводов, разветвителей и делителей излучения. Применение фотолитографии при изготовлении интегрально-оптических элементов.	Анкетирование, опрос, практические задания
8	Дифракционные решетки, зонные пластинки и их изготовление с применением установки безмасковой фотолитографии.	Дифракционные решетки, их свойства и применение в интегральной оптике. Зонные пластинки, их свойства и области применения. Амплитудные и фазовые дифракционные решетки и зонные пластинки.	Анкетирование, опрос, практические задания
9	Физические основы изготовления оптических волноводов методом твердотельной диффузии и ионного обмена. Свойства получаемых волноводов.	Твердотельная диффузия. Уравнения Фика. Профиль волноводов, получаемых методом твердотельной диффузии. Преимущества и недостатки метода твердотельной диффузии и ионного обмена.	Анкетирование, опрос, практические задания
10	Физические основы создания волноводов методом электростимулированной миграции ионов. Интегральные микролинзы и матрицы микролинз, их свойства, методы изготовления и применение.	Электростимулированная миграция ионов в стеклах. Уравнение электростимулированной миграции ионов. Профиль интегрально-оптических волноводов, получаемых методом электростимулированной миграции ионов в стеклянных подложках.	Анкетирование, опрос, практические задания

11	Нанопотоника, цель нанопотоники, современное состояние нанопотоники и ее перспективы. Изучение туннельного микроскопа.	Что такое нанопотоника, какова цель нанопотоники. Какими размерами оперирует нанопотоника, ее преимущества и перспективы развития. Принцип работы туннельного микроскопа, его возможности и перспективы.	Анкетирование, опрос, практические задания
----	--	--	--

2.3.2 Лабораторные занятия.

	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	Измерение линейных размеров микрооптики.	Отчет по лабораторной работе
2.	Термическое вакуумное нанесение металлических плёнок..	Отчет по лабораторной работе
3.	Методы измерения толщины напыленных пленок	Отчет по лабораторной работе
4	Изучение основ фотолитографии.	Отчет по лабораторной работе
5	Изготовление канальных оптических волноводов	Отчет по лабораторной работе
6	Изготовление и исследование амплитудных и фазовых дифракционных решеток	Отчет по лабораторной работе
7	Изготовление и исследование зонных пластинок Френеля.	Отчет по лабораторной работе
8	Изучение фотолитографического процесса на установке μ PG-101	Отчет по лабораторной работе

9	Изготовление и исследование матриц микролинз	Отчет по лабораторной работе
10	Назначение и область применения туннельного микроскопа.	Отчет по лабораторной работе

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	Никитин В.А., Яковенко Н.А. Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике. Краснодар. Из-во КубГУ. 2024. 272 с. Никитин В.А., Яковенко Н.А, Физические технологии оптоэлектроники. Лабораторный практикум. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2019. 139 с. Интегральная оптика под ред. Тамира Т М. Из-во Мир.–1978 –344 с. Свечников Г.С. Элементы интегральной оптики М. Радио и связь 1987.–104 с. Хансперджер Р. Интегральная оптика: Теория и технология. Пер. с англ. – М.; Мир, 1986.– 384 с.

2	Подготовка к выполнению лабораторных работ	Никитин В.А., Яковенко Н.А, Физические технологии оптоэлектроники. Лабораторный практикум. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2019. 139 с. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. - СПб.: Лань, 2011. - e.lanbook.com/books/element.h?11id=684Игнатов 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 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
6	Лекции	Интерактивная лекция с мультимедийной системой.	14
	Лабораторные занятия	Индивидуальное выполнение лабораторных заданий.	42
Итого:			56

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.

Приведите классификацию материалов, применяемых для создания интегрально-оптических схем.

Обоснуйте особенности изготовления гибридных и монолитных интегрально-оптических схем для систем волоконной связи, и датчиков физических величин.

Чем отличаются активные и пассивные материалы для конструкций интегрально-оптических схем?

Раздел 2.

Нарисуйте и объясните структуру силикатных стекол.

Чем отличаются стеклообразователи и модификаторы, какова их роль в составе стекол.

Перечислите физико-химические свойства силикатных стекол, используемых для формирования интегрально-оптических волноводных структур методом диффузии ионов.

Раздел 3.

Объясните физико-химическая структура кристаллического кварца и кварцевого стекла.

Перечислите свойства кристаллического кварца и кварцевого стекла.

Сформулируйте области применения кристаллического кварца и кварцевого стекла в радиотехнике, электронике, волоконной оптике.

Раздел 4.

Сформулируйте оптоэлектронные свойства монокристаллов ниобата и танталата лития.

Обоснуйте возможности создания на основе этих материалов модуляторов, дефлекторов и переключателей света.

Нарисуйте конструкцию и объясните принцип работы спектроанализатора радиочастот на основе ниобата лития.

Раздел 5.

Сформулируйте метод термического вакуумного осаждения металлических пленок.

Что такое температура испарения веществ.

Как зависит длина свободного пробега испаренных частиц от величины вакуума.

Сформулируйте законы Ламберта-Кнудсена и их применение в процессе термовакуумного распыления пленок.

Раздел 6.

Нарисуйте схему установки ионно-плазменного напыления

Перечислите достоинства и недостатки метода ионно-плазменного напыления.

Каковы преимущества магнетронного, высокочастотного и реактивного распыления?.

Раздел 7.

Какова последовательность операций в фотолитографии?

Что такое разрешающая способность фоторезиста?

Перечислите методы нанесения фоторезиста.

Раздел 8.

Чем отличаются амплитудные и фазовые дифракционные решетки?

Перечислите виды дифракционных решеток.

Обоснуйте использование зонных пластинок в качестве фокусирующих элементов.

Перечислите методы получения зонных пластинок Френеля.

Раздел 9

Запишите распределение концентрации диффузанта в случае проведения диффузии из ограниченного источника.

Какие технологические методы и приемы используются при изготовлении канальных и полосковых оптических волноводов?

Раздел 10

Запишите уравнение электростимулированной миграции ионов.

Каков профиль интегрально-оптических волноводов, получаемых методом электростимулированной миграции ионов в стеклянных подложках?

Параметры микролинз получаемых методом электростимулированной миграции ионов.

Раздел 11

Что такое нанофотоника?

Какова цель нанофотоники?

Какими размерами оперирует нанофотоника, ее преимущества и перспективы развития.

Какой принцип работы туннельного микроскопа, его возможности и перспективы?

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

5.1 Основная 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. Никитин В.А., Яковенко Н.А. Физические технологии оптоэлектроники. Лабораторный практикум. Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2019. 139 с.
3. Никитин В.А., Яковенко Н.А. Электростимулированная миграция ионов в интегральной оптике. Краснодар. Из-во КубГУ. 2024. 272 с.
4. Интегральная оптика под ред. Тамира Т М. Из-во Мир.–1978 –344 с.
5. Свечников Г.С. Элементы интегральной оптики М. Радио и связь 1987.–104 с.
6. Хансперджер Р. Интегральная оптика: Теория и технология. Пер. с англ. – М.; Мир, 1986.– 384 с.

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/booW91904>
2. Мусаев Э. С. Оптоэлектронные устройства на полупроводниковых излучателях / Э.С. Мусаев. – М.: Радио и связь: [Горячая линия-Телеком], 2004. –205 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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).

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.

Практические работы: компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», «студент - студент».

Самостоятельная работа: дистанционные задания и упражнения, глоссарии терминов и определений.

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 оснащённость
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащённая презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория №144С, укомплектованная оборудованием вакуумного напыления металлических плёнок (ВУП-5, АдьфаН-1, УВР-3М); оборудованием для изучения процесса фотолитографии (установки нанесения фоторезиста SPIN-1200Т, SPIN-1200D, установка совмещения и экспонирования 830-II, комплекс лазерной безмасковой литографии µPG101) печами для проведения ионного обмена и электростимулированной миграции ионов.