

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет физико-технический
Кафедра радиоп физики и инфокоммуникационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
проректор

Маш

П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«КВАНТОВАЯ И ОПТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Укрупненная группа направлений подготовки	10.00.00 Информационная безопасность
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	10.03.01 Информационная безопасность
Профиль подготовки	Безопасность автоматизированных систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Квантовая и оптическая электроника**» для обучающихся по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность (Профиль: Безопасность автоматизированных систем), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17 ноября 2020 г. № 1427 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.


Разработчик:

Ст. преподаватель
кафедры радиопизики
и инфокоммуникационных технологий

 Т.В. Белик

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиопизики и инфокоммуникационных технологий
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой


 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана физико-технического факультета
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы
д-р тех. наук, проф.
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной дисциплины: Математика; Физика (механика, электричество и магнетизм, оптика); Атомная и квантовая физика; Электроника и схемотехника.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Информационная безопасность ВОЛС. Производственная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	10.03.01. Информационная безопасность (Профиль: Безопасность автоматизированных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М3.16 Квантовая и оптическая электроника
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	3,5 / 126

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	6	32	32	0	62	126	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение основ оптоэлектроники, ее элементной базы, функционирования и принципов построения оптоэлектронных устройств, их характеристик и параметров, методов исследования таких устройств.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-4. Способен применять необходимые физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.2. Обладает базовыми знаниями в области электроники и схемотехники и способен применять их для решения задач	ОПК-4.2.1. Знает теоретические основы генерации, модуляции, усиления, детектирования электромагнитного излучения оптического диапазона, основные характеристики и параметры оптоэлектронных устройств, их конструктивные варианты исполнения. ОПК-4.2.2. Владеет методиками исследования оптоэлектронных устройств, навыками работы с лабораторным оборудованием и приборами.

	профессиональной деятельности	ОПК-4.2.3. Умеет правильно выбирать и применять оптоэлектронные устройства в зависимости от предъявляемых к ним требований. ОПК-4.2.4. Умеет проводить экспериментальные исследования и обрабатывать результаты экспериментальных исследований, представлять их в удобном для восприятия виде.
--	-------------------------------	---

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Оптоэлектроника	
Введение	Оптоэлектроника, фотоника, оптроника. Определения, преимущества и недостатки. Частотный диапазон. Поглощение и излучение света. Перспективы развития.
Излучатели	Требования к излучателям. Механизмы генерации излучения в полупроводниках. Физические основы усиления и генерации когерентного излучения. Лазеры на гомопереходе, двойном гетеропереходе, полосковые лазеры, одномодовые лазеры. Ваттамперная характеристика. Модуляционная характеристика. Шумы. Основные параметры и характеристики, возможности их улучшения. Светодиоды на полупроводниковых материалах с прямозонным и не прямозонным переходами. Их основные параметры и характеристики, конструктивные варианты. ИК-светодиоды, индикаторные светодиоды.
Фотоприемники	Классификация. ФЭУ. Поглощение света в полупроводниках. Дискретные (одноэлементные) ФП. Фоторезисторы, фотодиоды, в т.ч. с р-и-п структурой и лавинные. Система параметров. Многоэлементные ФП. ФПЗС. Накопление, перенос, детектирование заряда. КМОП матрицы. Принцип работы, характеристики, параметры.
Модуляторы	Классификация. Физические эффекты, лежащие в основе работы. Неуправляемые модуляторы. Акустооптический модулятор. Принципы работы, конструктивные варианты исполнения, характеристики и параметры. Электрооптический, модулятор
Усилители	Полупроводниковые, волоконные, нелинейные оптические усилители. Принцип работы, характеристики и параметры

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 6

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Раздел 1. Квантовая и оптическая электроника	32	32	0	62	126
Введение	4	8	-	8	24
Излучатели	10	8	-	14	36
Фотоприемники	10	4	-	10	26
Модуляторы	4	8	-	12	30
Усилители	4	4	-	8	12
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	32	32	0	62	126

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1. Квантовая и оптическая электроника

1. Отличительные черты, достоинства и недостатки оптоэлектроники. Направления оптоэлектроники. Ее частотный диапазон. Преимущества когерентной оптоэлектроники.

2. Излучатели, используемые в оптоэлектронике, требования к ним, в том числе когерентность и монохроматичность. Сравнительная характеристика источников когерентного излучения.

3. Принцип действия п/п инжекционного лазера на гомопереходе. Его недостатки. Ваттамперная характеристика.

4. Принцип действия п/п инжекционного лазера на гетеропереходе. Его преимущества.

5. Условие возникновения генерации и КПД лазерного диода. Температурная зависимость порогового значения тока лазерного диода.

6. Селекция поперечных мод в п/п инжекционном лазере. Полосковые лазеры.

7. Зависимость интенсивности мод от тока инжекции, температурная зависимость длины волны излучения, расходимость п/п инжекционного лазера. Шумы в п/п инжекционных лазерах.

8. Характеристики прямой модуляции лазерного диода (модуляционная характеристика; релаксационные колебания, их подавление).

9. Селекция продольных мод в п/п инжекционном лазере. Виды и принципы работы динамических одномодовых лазеров.

10. Гетеролазеры с отдельным электронным и оптическим ограничением.

11. Ваттамперная характеристика и принцип действия светодиодов. Виды конструктивных решений, мощность и КПД СИД. Эффективность связи СИД с волоконным световодом. Эффективность вывода излучения из СИД.

12. Модуляционная характеристика СИД. Зависимость полосы модуляции от плотности тока инжекции.

13. Механизмы излучательной рекомбинации. Индикаторные СИД (Принцип действия, конструкция, используемые материалы).

14. Классификация фотоприемников, используемых в оптоэлектронике. Их сравнительная характеристика и области применения. Принцип действия ФЭУ.

15. Фоторезистор. Принцип действия, основные характеристики.

16. Структура и принцип действия кремниевых p-i-n фотодиодов.

17. Структура и принцип действия кремниевых лавинных фотодиодов, их недостатки и преимущества в сравнении с p-i-n фотодиодами.

18. Система параметров фотодиодов.
19. Шумы фотодиодов.
20. Солнечные фотопреобразователи (принцип действия, основные параметры, разновидности).
21. Многоэлементные ФП на основе дискретных элементов с параллельным и последовательным опросом.
22. Структура и принцип действия ФПЗС на примере ФПЗС с поверхностным каналом и трехфазной схемой управления.
23. Особенности накопления заряда и детектирования зарядовых пакетов в ФПЗС.
24. Особенности переноса заряда в ФПЗС. Методы снижения искажений сигнала.
25. Варианты организации и использования фотоприемников на основе ПЗС-структур.
26. Параметры и характеристики ФПЗС.
27. Структура и принцип работы КМОП-матриц.
28. Классификация модуляторов оптического излучения. Принцип действия неуправляемых модуляторов (пластин, призм, поляризаторов).
29. Принцип действия электрооптических модуляторов света на продольном и поперечном ЭО эффекте.
30. Волноводные электрооптические модуляторы (одноволноводные, двухканальные, Маха-Цендера).
31. Электрооптические модуляторы, основанные на использовании явлений отражения и дифракции. Сравнение планарных, канальных и объемных электрооптических модуляторов.
- 32.. Принцип действия фотоупругих акустооптических модуляторов. Изменение эллипсоида показателей преломления при воздействии деформаций сдвига, сжатия.
33. Принцип действия дифракционных акустооптических модуляторов. Режимы дифракции.
34. Изотропная, анизотропная и коллинеарная дифракция. Векторные диаграммы процесса дифракции.
35. Эффективность АО взаимодействия. Расчет акустооптических модуляторов.
36. Оптические полупроводниковые усилители.
37. Волоконные оптические усилители (примесные).
38. Нелинейные оптические усилители.

7.2. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Донецкий государственный университет
Физико-технического факультета

Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	10.03.01 Информационная безопасность
Профиль подготовки	Безопасность автоматизированных систем
Форма обучения	Очная
Семестр	Шестой
Дисциплина	Квантовая и оптическая электроника

Экзаменационный билет № 1

1. Принцип действия п/п инжекционного лазера на гетеропереходе. Его преимущества.
2. Особенности переноса заряда в ФПЗС. Методы снижения искажений сигнала.
3. Изотропная, анизотропная и коллинеарная дифракция. Векторные диаграммы процесса дифракции.

Утверждено на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий, протокол № 14 от 21.02.2024 г.

Заведующий кафедрой

В.В. Данилов

Экзаменатор

Т.В. Белик

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 6

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	10
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторные работы	30
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4-м корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi. Для проведения лабораторных занятий требуется учебная лаборатория, укомплектованная необходимым оборудованием.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

При использовании дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Пихтин, А. Н. Оптическая и квантовая электроника: Учеб. для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М.: Высш. шк., 2001. - 573 с.

2. Практикум по оптоэлектронике / сост.: Т. В. Белик, В. В. Данилов, Н. С. Королева. – Донецк: ДонНУ, 2018. – 130 с.

10.2. Дополнительная литература

3. Носов, Ю. Р. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов. - 2-е изд. - Москва: Радио и связь, 1989. – 359 с.

4. Ермаков, О. Н. Прикладная оптоэлектроника / О. Н. Ермаков. - М.: Техносфера, 2004. - 414 с.

5. Штыков, В. В. Квантовая радиофизика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Радиотехника" специальности 210301 "Радиофизика и электроника" / В. В. Штыков. - Москва: Академия, 2009. - 335 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).