

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Элементная база квантовых коммуникаций

по направлению подготовки / специальности

03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения
Очная

Квалификация
инженер-исследователь

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности;

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи;

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач;

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОПК-1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования

РОПК-2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы

РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач

РОПК-3.2 Проводит измерения с использованием современных устройств и систем для решения профессиональных задач

РОПК-3.3 Обрабатывает и анализирует результаты исследований

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат физики элементов квантовой коммуникаций и понимать принципы работы основных типов приборов и устройств элементов квантовой коммуникаций.

– Научиться применять понятийный аппарат элементов квантовой коммуникаций для предсказания параметров квантовой коммуникационной системы и решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Квантовые технологии».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: системная инженерия, современные системы связи.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-лабораторные: 28 ч.

-семинар: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 28 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Введение. Предмет и содержание курса. Тенденции развития квантовых коммуникаций (КК).

Тема 2. Физические основы волоконно-оптических современных систем передачи

Физические основы распространения света по оптическому волокну. Числовая апертура оптического волокна. Затухание. Дисперсия. Межмодовая, хроматическая, материальная, волноводная, поляризационная модовая дисперсии. Классификация оптических волокон. Изготовление световодов. Конструкции волоконно-оптических кабелей. Состав, виды применения. Соединение оптических волокон.

Тема 3. Источники излучения

Источники оптического излучения. Инжекционная люминесценция. Полезные свойства гетеропереходов. Эффективность инъекции. Светодиод Баррасса на двойной гетероструктуре. Лазерные диоды. Источники одиночных фотонов. Применение многофотонных лазеров. Требования к источникам систем КК.

Тема 4. Приемники оптического излучения

Приемники оптического излучения. Принципы работы фотоприемника. Основные параметры и характеристики. Типы детекторов одиночных фотонов (ДОФ). Физические основы работы лавинных фотодиодов (ЛФД). Основные параметры ДОФ. Схемы для ДОФ на основе ЛФД. Параметры модулей на основе ДОФ.

Тема 5. Пассивные элементы ВОСС

Оптические разветвители. Оптические изоляторы. Атенюаторы, оптические переключатели. Муфты. Устройства волнового уплотнения. WDM-фильтры, мультиплексоры, волновые конвертеры. Оптические распределительные и коммутационные устройства.

Тема 6. Оптоэлектронные элементы

Фазовые оптические модуляторы. Модулятор Маха-Цендера. Поляризаторы. Вращатели плоскости поляризации. Оптические циркуляторы. Зеркало Фарадея. Волоконно-оптические линии задержки.

Тема 7. Измерения параметров элементов КК

Измерения дисперсии в оптических волокнах. Рефлектометрические измерения параметров ВОСС. Основные параметры, измеряемые в бинарном цифровом канале. Измерения коэффициента ошибок. Методы вычисления параметров ошибок в цифровых каналах. Измерение дрейфа и дрожания фазы. Понятие джиттера и его влияние на параметры качества цифрового канала. Глаз-диаграмма.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, тестов по лекционному материалу, выполнения практических заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Самостоятельная работа студентов состоит в изучении теоретического материала, выполнении тестов с возможностью работы над ошибками, подготовке к семинарским занятиям, выполнении домашней работы по решению задач.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета с оценкой 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479>.

– Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-730-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135510>.

б) дополнительная литература:

– Шик А.Я. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика" / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуева, С. Ф. Мусихин, С.А. Рыков; под общ. ред. В.И. Ильина, А.Я. Шика. – СПб.: Наука, 2001. – 154 с.

– Воробьев Л.Е. Оптические свойства наноструктур: [учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика"] / Л. Е. Воробьев, Е. Л. Ивченко, Д. А. Фирсов, В. А. Шалыгин; под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика ; [под ред. Е. Л. Ивченко и Л. Е. Воробьева]. - Санкт-Петербург: Наука, 2001. - 186 с.
URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000130313/000130313.pdf>

– Ильин В.И., Мусихин С.Ф., Шик А.Я. Варизонные полупроводники и гетероструктуры. - СПб.: Наука, 2000. - 100 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/>

– Электронный ресурс American Institute of Physics <https://www.scitation.org/>

– Электронный ресурс American Physical Society <https://journals.aps.org/>

– Электронный ресурс ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>

- Электронный ресурс SpringerLink: <https://link.springer.com/>
- Электронный ресурс SPIE Digital Library: <https://www.spiedigitallibrary.org/>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
 - Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные необходимыми приборами.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Коханенко Андрей Павлович, доктор физико-математических наук, снс, Томский государственный университет, профессор.