

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 07.07.2023 11:45:30
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Радиотехнические средства
передачи, приема и обработки
сигналов»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«КВАНТОВЫЕ УСТРОЙСТВА ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.01 «Радиотехника»

по профилю

«Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

ст. преп. каф. ТОР Аронов Л.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР
03.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФРТ, 20.04.2022, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	ТОР
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	40
Практические занятия (академ. часов)	20
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	61
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	119
Всего (академ. часов)	180
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«КВАНТОВЫЕ УСТРОЙСТВА ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА»

Основы квантовой теории, лежащей в основе работы оптических квантовых генераторов (лазеров). Принципы работы, устройство и основные технические характеристики газовых и твердотельных лазеров. Способы и устройства модуляции оптического излучения, а также методы и устройства приема оптического излучения.

SUBJECT SUMMARY

«OPTIC RANGE QUANTUM DEVICES»

Basics of quantum theory, underlying the functioning of optic quantum oscillators. Principles of operation, structure and the main technical characteristics of gas and solid-state lasers. Methods and devices for modulation and reception of optical radiation.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями изучения дисциплины является приобретение теоретических знаний в области квантовых устройств оптического диапазона, формирование навыков работы с оптическими устройствами, получение знаний о принципах работы лазеров, фотоприемников и устройств модуляции света, а также умение решать задачи передачи информации с помощью оптических устройств. Освоение методов приема оптического излучения и управления им.

Формирование навыков расчета параметров устройств генерации, модулирования и приема оптического излучения и умения производить их теоретический анализ.

2. Задачами дисциплины являются изучение законов микромира, приобретение знаний о закономерностях усиления, генерирования и канализации когерентного оптического излучения, освоение навыков и умений практической работы с оптическими устройствами, работы с лазерными источниками излучения.

3. Дисциплина обеспечивает получение знаний об основных закономерностях квантового мира, принципах работы квантовых устройств, их параметрах и характеристиках.

4. Дисциплина способствует выработке умений использовать оптические устройства при решении телекоммуникационных задач и задач анализа и обработки информации.

5. Дисциплина способствует освоению навыков работы с оптическими устройствами, оценки характеристик систем, построенных на основе оптических устройств.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Теория вероятностей и математическая статистика»
4. «Электромагнитные поля и волны»
5. «Радиотехнические цепи и сигналы»
6. «Техническая электродинамика»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
СПК-2	Способен рассчитывать параметры и характеристики, применять методы компьютерного моделирования и проектирования радиотехнических средств передачи, приема и обработки сигналов
<i>СПК-2.1</i>	<i>Знает принципы работы радиотехнических средств передачи, приема и обработки сигналов</i>
<i>СПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить расчеты параметров и характеристик радиотехнических средств передачи, приема и обработки сигналов</i>
<i>СПК-2.3</i>	<i>Владеет навыками использования методов компьютерного проектирования и моделирования радиотехнических средств передачи, приема и обработки сигналов</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	3			
2	Теоретические основы работы оптических квантовых приборов	10	5		42
3	Квантовые генераторы и усилители оптического диапазона	9	5		28
4	Фотоприемники оптического излучения	8	5		24
5	Устройства управления и модуляции оптического излучения	7	5	0	25
6	Заключение	3		1	
	Итого, ач	40	20	1	119
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Роль и место квантовых устройств оптического диапазона в современной радиоэлектронике и средствах телекоммуникаций.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
2	Теоретические основы работы оптических квантовых приборов	<p>Особенности микромира и способы его теоретического описания. Статистическая природа и дискретность физических величин, характеризующих микрообъекты, корпускулярно-волновой дуализм. Волновая функция и операторы в квантовой теории: их математические свойства и физическое содержание. Уравнение Шредингера, вычисление средних значений физических величин. Принцип неопределенности; собственные числа и собственные функции основных операторов квантовой теории, правила квантования соответствующих физических величин.</p> <p>Теория квантовых переходов между различными состояниями микро-объектов во внешнем электромагнитном поле: двухуровневая модель вещества, решение уравнения Шредингера. Закономерности вынужденных переходов. Равновесное излучение вещества. Коэффициенты Эйнштейна спонтанного и вынужденного излучения. Естественная ширина линии излучения, однородное и неоднородное уширение спектральных линий излучения возбужденных состояний. Явление насыщения энергетических уровней.</p>
3	Квантовые генераторы и усилители оптического диапазона	<p>Обобщенная схема оптического квантового генератора, уравнения переноса энергии в активной среде лазера, общие закономерности излучения.</p> <p>Твердотельные лазеры. Особенности структуры энергетических уровней, методы создания инверсной населенности энергетических уровней. Лазеры на кристалле рубина, на гранатах и стеклах с ионами неодима, устройство, принцип действия, рабочие характеристики. Режимы работы твердотельных лазеров: свободная генерация, модуляция добротности, синхронизация мод (изучается самостоятельно).</p> <p>Газовые лазеры: диаграммы энергетических уровней, создание инверсной населенности методом соударения частиц. Устройство, принцип действия и рабочие характеристики лазеров: атомарного на смеси гелия и неона, ионных на парах кадмия и на аргоне, молекулярных на углекислом газе и окиси углерода.</p>
4	Фотоприемники оптического излучения	<p>Физические основы работы детекторов оптического излучения: фото-электрические явления, их разновидности; закономерности внешнего фото-эффекта. Принцип действия фоточувствительных диодов на p-n-переходах, диодов с лавинным умножением носителей заряда (ЛФД) и p-i-n-диодов, их устройство и рабочие параметры.</p> <p>Основные характеристики фотоприемных устройств: чувствительность, квантовая эффективность, шумы.</p>

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Устройства управления и модуляции оптического излучения	<p>Электрооптическое взаимодействие. Эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Амплитудные и фазовые электрооптические модуляторы: принципы действия, основные характеристики, применение. Оптический вентиль, его устройство и применение (изучается самостоятельно).</p> <p>Акустооптическое взаимодействие. Дифракция света на ультразвуке: режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга. Дифракция света на ультразвуке в анизотропных средах. Акустооптические модуляторы и дефлекторы: устройство, принцип действия, основные характеристики.</p> <p>Применение электро-и акустооптических модуляторов для модуляции добротности а также синхронизации мод в твердотельных и газовых лазерах и для электронной перестройки длины волны излучения.</p>
6	Заключение	Основные тенденции и перспективы развития квантовых оптических устройств применительно к радиоэлектронике, телекоммуникации и обработке информации.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Основные законы квантовой теории.	3
2. Усиление электромагнитных колебаний в активной среде.	3
3. Твердотельные лазеры.	2
4. Газовые лазеры.	2
5. Полупроводниковые лазеры.	2
6. Оптические полупроводниковые усилители.	2
7. Фотоприемники оптического излучения.	2
8. Электрооптическая модуляция.	2
9. Акустооптическое взаимодействие.	2
Итого	20

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым

образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	60
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	20
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	16
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	16
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	7
ИТОГО СРС	119

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Наумов, Кир Петрович. Квантовые устройства оптического диапазона [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 210400 "Радиотехника" / К.П. Наумов, 2011. -105, [2] с.	20
2	Оптические устройства в радиотехнике [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности "Радиотехника" направления подгот. дипломир. специалистов "Радиотехника" / [А.Ю. Гринев [и др.]] ; под ред. В.Н. Ушакова, 2005. -239 с.	60
Дополнительная литература		
1	Розеншер Э. Оптоэлектроника [Текст] : монография / Э. Розеншер, Б. Винтер ; пер. с фр. под ред. О.Н. Ермакова, 2004. -589 с.	28
2	Бейли, Дэвид. Волоконная оптика [Текст] : теория и практика / Д. Бейли, Э. Райт, 2008. -320 с.	10
3	Салех, Бахаа Е.А. Оптика и фотоника. Принципы и применения [Текст] : [в 2 т. : учеб. пособие]. Т. 1, 2012. -759 с.	10
4	Салех, Бахаа Е.А. Оптика и фотоника. Принципы и применения [Текст] : [в 2 т. : учеб. пособие]. Т. 2, 2012. -780 с.	10

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Интернет-сайт журнала "Фотоника" https://www.photonics.su/
2	Лазерный портал -коллекцией научных материалов о лазерах, оптике, спектроскопии и лазерной технике. https://laser-portal.ru/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10805>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Квантовые устройства оптического диапазона» формой промежуточной аттестации является дифф. зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

Дифференцированный зачет

Оценка	Количество баллов	Описание
Неудовлетворительно	0 – 51	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	52 – 67	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	68 – 84	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Отлично	85 – 100	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному

Особенности допуска

К дифференциальному зачету допускаются студенты, посетившие более 65% лекций и явившиеся в назначенное для проведения зачета время. Форма проведения - письменная работа в виде ответов на перечень основных вопросов курса. Для получения допуска к дифференцированному зачету необходимо набрать 40 баллов из 60 возможных.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Назовите квантовые числа, характеризующие состояние атома водорода, поясните их физический смысл.
2	Сформулируйте правила для электродипольных переходов (правила отбора).
3	Как Вы понимаете двухуровневую модель вещества? Возможно ли создание инверсной населенности энергетических уровней в двухуровневой квантовой системе методом вспомогательного излучения (накачки)? Почему?
4	Опишите механизм создания инверсной населенности энергетических уровней в трехуровневой квантовой системе методом вспомогательного излучения (накачки).
5	Изобразите обобщенную структуру лазера и опишите принцип его работы
6	Дайте определение следующим понятиям: когерентность излучения, монохроматичность излучения.
7	Перечислите и дайте характеристику основным видам шумов полупроводниковых фотоприемных устройств
8	Чем определяется верхняя и нижняя граница диапазона длин волн, в пределах которого фотоприемник на основе р-п-перехода может принимать электромагнитное излучение?
9	К чему приводит наличие естественной анизотропии в кристалле ниобата лития при построении электрооптического модулятора?
10	Опишите принцип действия акустооптического дефлектора

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Тема 3. Квантовые генераторы оптического диапазона (лазеры).

1. Какие параметры определяют возможность генерации лазером оптического излучения.

2. Опишите основные особенности и принцип работы твердотельных лазеров
3. Кратко опишите известные вам особенности рубинового лазера
4. Дайте краткую характеристику лазерам с точки зрения их КПД
5. Опишите принцип работы полупроводникового лазера
6. Кратко опишите известные вам особенности лазера на основе GaAs
7. Что такое пороговый ток лазерного диода.
8. Что отличает гетеролазер от гомолазера.
9. Изобразите обобщенную структуру лазера и опишите принцип его работы.
10. Дайте определение следующим понятиям: когерентность излучения, монохроматичность излучения.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
6	Теоретические основы работы оптических квантовых приборов	Контрольная работа
11	Квантовые генераторы и усилители оптического диапазона Фотоприемники оптического излучения	Контрольная работа
13	Устройства управления и модуляции оптического излучения	Контрольная работа

6.4 Методика текущего контроля

На лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 65 % занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифференцированному зачету.

На практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 65 % занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифференцированному зачету.

В ходе проведения практических занятий студенты привлекаются к анализу теоретических выкладок, решению типовых задач и поиску решений проблем. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

Общий контроль знаний, полученных на лекционных и практических занятиях, осуществляется путем написания контрольных работ.

Контрольные работы состоят из тестовых вопросов, каждый из которых оценивается на 0, 0.5 или 1 балл, и вопросов, требующих развернутого ответа, каждый из которых оценивается на 0, 0.5, 1, 1.5 или 2 балла.

- КР по Теме 1 включает в себя 16 тестовых вопросов и 4 вопроса, требующих развернутого ответа;

- КР по Темам 2 и 3 включает в себя 16 тестовых вопросов и 4 вопроса, требующих развернутого ответа;

- КР по теме 4 включает в себя 8 тестовых вопросов и 2 вопроса, требующих развернутого ответа.

Для получения допуска к дифференцированному зачету необходимо набрать 40 баллов из 60 возможных.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, меловая или маркерная доска	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, меловая или маркерная доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА