



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»¹
Руководитель ОП

Кульчин Ю.Н.
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)
« 31 » августа 2021г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий Базовой кафедрой
«Фотоника и цифровые лазерные технологии»
(название кафедры)

Кульчин Ю.Н.
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 31 » августа 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая электроника

Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение

магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные сети»²

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 2

лекции 18 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. _____ / пр. 18 / лаб. _____ час.

всего часов аудиторной нагрузки 54 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 54 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час.

контрольные работы (количество)

курсовая работа / курсовой проект _____ семестр

зачет _____ семестр

экзамен 2 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 22 сентября 2017 г № 957 / образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от _____ № _____

Рабочая программа обсуждена на заседании Базовой кафедры Фотоники и цифровых лазерных технологий ПИ ДВФУ протокол № 12 от « 31 » августа 2021 г.

Заведующий кафедрой академик РАН Кульчин Ю.Н.

Составитель (ли) : к.ф.-м.н., доцент Дышлюк А.В.

¹ кроме РПД общеуниверситетских дисциплин

² На титульном листе РПД общеуниверситетских дисциплин названия направлений и профилей не указываются, перечисляются только шифры направлений, на которых данная дисциплина реализуется. Если дисциплина реализуется для всех направлений подготовки, на титульном листе указывается «Для всех направлений подготовки бакалавриата/ специалитета/ магистратуры», шифры в этом случае не указываются.

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ Ю.Н. Кульчин
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____ Ю.Н. Кульчин
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Квантовая электроника»

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение», магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные сети», в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++, входит в Блок 1 Дисциплины (модули) учебного плана, в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений, и является обязательной дисциплиной (Б1.В.02).

Для освоения дисциплины студенты должны знать общую физику, теоретическую физику, электродинамику, физическую и прикладную оптику, а также высшую математику.

В дисциплине «Квантовая электроника» изучаются физические основы и технологии построения лазеров, основные принципы и законы лазерной физики, свойства лазерных пучков и применения лазеров.

Цель курса: дать представление о фундаментальных физических процессах, лежащих в основе работы лазеров, рассмотреть принцип действия, особенности конструкций, свойства выходных пучков лазерных генераторов и усилителей, подготовить будущих специалистов к теоретически грамотному применению полученных знаний и дальнейшему углубленному изучению специальной литературы по отдельным вопросам квантовой электроники.

Задачи дисциплины:

- получение базовых представлений о физике лазеров;
- получение знаний об основных типах лазерных генераторов и усилителей;
- овладение методами расчета и экспериментального исследования основных эффектов, возникающих в резонаторе лазера и в активной среде;
- овладение методами расчета и построения основных устройств лазерной физики и квантовой электроники;

Для успешного изучения дисциплины «Квантовая электроника» у обучающихся должны быть сформированы следующие знания, умения и владения:

- владение навыками работы с различными источниками информации: книгами, учебниками, справочниками, Интернет;
- знание базовых курсов физики и физической оптики, электродинамики и математики;
- способность представлять адекватную научную картину мира на основе знания основных положений и законов естественных наук;
- понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Задача профессиональной деятельности	Объекты или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ иных требований, предъявляемых к выпускникам)
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
Научные исследования в области оптического приборостроения, оптических материалов и технологий Научные исследования в области приборостроения, конструктивных материалов и технологий	физические явления преобразования энергии и информации, волновые поля (геометрический и интерференционный подход), дифракционные, поляризационные и другие, включая корпускулярные, эффекты; электронно-механические, магнитные, электромагнитные,	ПК-3 - способность провести экспериментальные исследования, измерения по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов	ПК-3.1. – знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации. ПК-3.2. - умеет грамотно проводить измерения различных параметров лазерного излучения.	29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства опtotехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов Анализ опыта

	оптические, теп- лофизические, акустические, акустооптические, радиационные и другие методы контроля и изме- рений;	ПК-4 - способность составить описание проводимых ис- следований и раз- рабатываемых про- ектов, подготовить данные для состав- ления отчетов, об- зоров и другой технической доку- ментации	ПК-4.2. – умеет грамотно сделать описание проводи- мых исследований и разрабатываемых проектов, подгото- вить данные для составления отчет- тов, обзоров и дру- гой технической документации .	
--	--	---	--	--

Тип задач профессиональной деятельности: проектно-конструкторский

Обоснование проектов и под- готовка конст- рукторской до- кументации в об- ласти оптическо- го приборострое- ния, оптических материалов и технологий. Обоснование проектов и под- готовка конст- рукторской до- кументации в об- ласти приборо- строения, конст- рукторских мате- риалов и техно- логий.	контрольно- измерительные устройства, при- боры, комплексы, системы различ- ного назначения – измерители гео- метрических раз- меров, дефекто- скопы, структуро- скопы, эндоскопы, тепловизоры, ау- диокомплексы, магнитометры, радиографы, ин- терферометры, датчики и сенсо- ры и т.п., тради- ционные и нетра- диционные изме- рительные уст- ройства и ком- плексы; элемент- ная база средств контроля и изме- рений;	ПК-11 - готовность к применению со- временной эле- ментной базы электротехники, электроники и микропроцессор- ной техники при разработке систем, приборов деталей и узлов систем и технологий	ПК-11.1 – знает применение совре- менной элемент- ной базы электро- техники, электро- ники и микропро- цессорной техники при разработке систем, приборов деталей и узлов систем и техноло- гий.	29.004 Специа- лист в области проектирования и сопровождения производства оп- тотехники, опти- ческих и оптико- электронных приборов и ком- плексов Анализ опыта
---	--	--	--	--

Код индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	
ПК-3.1. ПК-3.2.	знает	Основные методы проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники
	умеет	Эффективно применять основные методы проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники
	владеет	Навыками проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники по заданной методике
ПК-4.2.	знает	Основные способы описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники
	умеет	Эффективно применять основные способы описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники
	владеет	Навыками описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники
ПК-11.1.	знает	Современную элементную базу квантовой электроники, а также методики ее применения при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий
	умеет	Применять современную элементную базу квантовой электроники при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий
	владеет	Навыками использования современной элементной базы квантовой электроники при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
ПЗ	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов (3 зачётные единицы) для Блока 1. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), практические занятия (36 часов) и самостоятельная работа студента (54 часа и в том числе 27 часов для подготовки к экзамену). Дисциплина реализуется на 1 курсе во 2 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Квантовая электроника	2	18	0	36	0	27	27	экзамен
	Итого:		18	0	36	0	27	27	108

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Квантовая электроника» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: проблемно-ориентированное обучение, консультирование, рейтинговый метод.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Содержание теоретической части курса разбивается на разделы, темы.

Раздел I. Основы квантовой электроники (6 час.)

Тема 1. Базовые концепции квантовой электроники (2 час.)

Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип работы лазера. Инверсия населенностей. Пороговые условия лазерной генерации. Основные свойства лазерных пучков. Различные типы лазеров.

Тема 2. Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом (4 час.)

Понятие о ширине линии и времени релаксации. Однородное и неоднородное уширение линии. Насыщение поглощения и усиления: стационарный и нестационарный случаи. Релаксация и безызлучательные переходы.

Раздел II. Устройство лазера (8 час.)

Тема 3. Лазерные резонаторы. (4 час.)

Гауссовы пучки. Устойчивые оптические резонаторы. Понятие о собственных модах и собственных значениях резонатора. Критерий устойчивости резонатора. Неустойчивые резонаторы.

Тема 4. Накачка лазеров. (4 час.)

Накачка лазеров - общие принципы, виды накачки. Накачка некогерентным оптическим излучением. Эффективность и скорость накачки. Лазерная накачка. Электрическая накачка.

Раздел III. Режимы работы лазера (4 час.)

Тема 5. Стационарный и нестационарные режимы работы лазера (4 час.)

Непрерывный режим работы лазера. Скоростные уравнения. Пороговые условия и выходная мощность лазера. Оптимальная связь на выходе лазера. Перестройка частоты генерации лазера. Селекция мод. Нестационарные режимы работы лазера. Релаксационные колебания. Модуляция добротности. Синхронизация мод.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (_36/ __ час.)

Занятие 1. Основы квантовой электроники (_4/ __ час.)

1. Основные понятия квантовой электроники. Принцип действия лазера и характеристики лазерного излучения.
2. Правила безопасного обращения с лазерами.

Занятие 2. Газовый лазер (_8/ __ час.)

1. Ознакомление с принципом действия и конструкцией гелий-неонового лазера.
2. Способы создания инверсии населенности в гелий-неоновом лазере.
3. Расчет квантового КПД гелий-неоновом лазера для основных линий генерации.

Занятие 3. Твердотельные лазеры с оптической накачкой (_8/ __ час.)

1. Ознакомление с принципом действия, режимами работы и основными характеристиками твердотельного Nd:YAG лазера.
2. Принципы генерации второй гармоники Nd:YAG лазера.

Занятие 4. Полупроводниковые светоизлучающие диоды (_8/ __ час.)

1. Ознакомление с устройством и функционированием полупроводниковых светоизлучающих диодов
2. Основные излучательные характеристики и особенности работы светоизлучающих диодов.

Занятие 5. Полупроводниковые лазеры (_8/ __ час.)

1. Теория и устройство полупроводниковых инжекционных лазеров.
2. Основные выходные характеристики инжекционных лазеров на арсениде галлия.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Квантовая электроника» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Siegman, A. E. Lasers / University Science Books, 1986. – 1283 с.
2. Звелто О. Принципы лазеров. Пер. под науч. ред. Т. А. Шмаонова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 720 с.
3. Шандаров С. М., Башкиров А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие – 2012. 98 с.
4. Тарасов Л.В. Физика лазера. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «Либроком», 2010. – 465 с.
5. Айхлер Ю., Айхлер Г.И. Лазеры. Исполнение, управление, применение / М: Техносфера, 2012. – 496 с.
6. Дудкин В.И. Квантовая электроника. Приборы и их применение / В.И.Дудкин, П.Н.Пахомов. - М.: Техносфера, 2006. – 432 с.
7. Розеншер Э. Оптоэлектроника / Э.Розеншер, Б.Винтер. – М.: Техносфера, 2004. – 589 с.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах / М.: Либроком, 2011. - 176 с.
2. Скалли М. О. Квантовая оптика / М.О. Скалли, М.С. Зубайри ; пер. с англ. А. А. Калачева [и др.] ; под ред. В. В. Самарцева. - М. : Физматлит, 2003. - 510 с.
3. В. П. Быков О. О. Силичев Лазерные резонаторы / М.:Физматлит, 2004. – 320 с.
4. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. - М.: Советское Радио, 1976.

5. Ярив, А. Квантовая электроника. / А. Ярив. - М.; Сов. Радио, 1980.

Нормативно-правовые материалы³

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Евтушенко Г.С., Губарев Ф.А. Квантовая и оптическая электроника. Практикум: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 88 с. <http://window.edu.ru/resource/808/73808>

2. Вейко В.П. Опорный конспект лекций по курсу "Физико-технические основы лазерных технологий". Раздел: Технологические лазеры и лазерное излучение. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005. - 50 с. <http://window.edu.ru/resource/853/27853>

3. Светцов В.И. Оптическая и квантовая электроника: Учебное пособие / Иван. гос. хим.-техн. ун-т. - Иваново: ИГХТУ, 2004. - 122 с. <http://window.edu.ru/resource/524/69524>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Программное обеспечение: не требуется

³ Данный раздел включается при необходимости

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и практических занятий, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания и изучении прослушанного материала. Для того чтобы осветить современное состояние квантовой электроники в программе предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме и посещение лабораторий ИАПУ ДВО РАН. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций ДВФУ и ИАПУ ДВО РАН, а также в других университетах и институтах.

Рекомендованная литература для подготовки к лекциям и самостоятельной работы студентов по разделам

Раздел I Основы квантовой электроники

1. Siegman, A. E. Lasers / University Science Books, 1986. – 1283 с.
2. Звелто О. Принципы лазеров. Пер. под науч. ред. Т. А. Шмаонова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 720 с.
3. Шандаров С. М., Башкиров А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие – 2012. 98 с.
4. Тарасов Л.В. Физика лазера. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «Либроком», 2010. – 465 с.
5. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники. - М.: Советское Радио, 1976.
6. Ярив, А. Квантовая электроника. / А. Ярив. - М.; Сов. Радио, 1980.

Раздел II Устройство лазеров

1. Siegman, A. E. Lasers / University Science Books, 1986. – 1283 с.
2. Звелто О. Принципы лазеров. Пер. под науч. ред. Т. А. Шмаонова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 720 с.
3. Шандаров С. М., Башкиров А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие – 2012. 98 с.
4. Тарасов Л.В. Физика лазера. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «Либроком», 2010. – 465 с.
5. Айхлер Ю., Айхлер Г.И. Лазеры. Исполнение, управление, применение / М: Техносфера, 2012. – 496 с.
6. Дудкин В.И. Квантовая электроника. Приборы и их применение / В.И.Дудкин, П.Н.Пахомов. - М.: Техносфера, 2006. – 432 с.

Раздел III Режимы работы лазеров

1. Siegman, A. E. Lasers / University Science Books, 1986. – 1283 с.
2. Звелто О. Принципы лазеров. Пер. под науч. ред. Т. А. Шмаонова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 720 с.
3. Шандаров С. М., Башкиров А. И. Введение в квантовую и оптическую электронику: Учебное пособие – 2012. 98 с.
4. Тарасов Л. В. Четырнадцать лекций о лазерах / М.: Либроком, 2011. - 176 с.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в локальной сети кафедры и находится в режиме свободного доступа для студентов. Доступ студентов для самостоятельной подготовки осуществляется через компьютеры дисплейного класса (в стандартной комплектации).



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Квантовая электроника»
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные
сети»
Форма подготовки очная

Владивосток
2022

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	10.02-05.03	Задание 1	5	ПР-1, ПР-7
2	06.03-20.03	Задание 2	5	ПР-1, ПР-7
3	21.03-05.04	Задание 3	5	ПР-1, ПР-7
4	06.04-20.04	Задание 4	5	ПР-1, ПР-7
5	21.04-15.05	Задание 5	7	ПР-1, ПР-7
6	16.05-01.06	Подготовка к экзамену	27	Экзамен
		Всего	54	

ПР-1 – тест, ПР-7 – конспект (см. Положение о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ №12-13-850 от 12.05.2015)

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов состоит в подготовке к практическим занятиям, поиске, обработке и систематизации научно-технической информации по теме задания, работе над рекомендованной литературой и лекционными материалами по выполненным конспектам, выполнении дополнительных заданий преподавателя, написании докладов, подготовке презентаций по теме практического занятия.

Методические указания к самостоятельной работе студентов

№ задания	Тема задания	Содержание задания
Задание 1	Ознакомление с правилами обращения с лазерными приборами	Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по теме безопасного обращения с лазерными приборами. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.
Задание 2	Газовый лазер	Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по темам: газовые лазеры, гелий-неоновый лазер, способы создания инверсии населенности в гелий-неоновом лазере, КПД гелий-неонового лазера. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.
Задание 3	Твердотельный лазер с оптической накачкой.	Поиск, обработка и систематизация научно-технической информации, содержащейся в открытом доступе, по темам: твердотельные лазеры с оптической накачкой, твердотельный Nd:YAG лазер: принцип действия, режимы работы, основные характеристики. Нелинейно-оптическое преобразование час-

		<p>тоты Nd:YAG лазера, генерация второй гармоники. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.</p>
Задание 4	Светоизлучающий диод.	<p>Поиск, обработка и систематизация научнотехнической информации, содержащейся в открытом доступе, по темам: полупроводниковые светоизлучающие диоды: устройство, принципы и режимы работы, основные характеристики. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.</p>
Задание 5	Полупроводниковый лазер.	<p>Поиск, обработка и систематизация научнотехнической информации, содержащейся в открытом доступе, по темам: полупроводниковые лазерные диоды: устройство, принципы и режимы работы, основные характеристики. Теория и устройство полупроводниковых инжекционных лазеров. Основные выходные характеристики инжекционных лазеров на арсениде галлия. Подготовка и представление доклада с электронной презентацией по данной теме, обсуждение сделанных докладов в формате вопросов и ответов.</p>



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Квантовая электроника»
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные
сети»
Форма подготовки очная

Владивосток
2022

Паспорт ФОС

Для успешного изучения дисциплины «Квантовая электроника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);
- способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки (УК-6).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Код и формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3. Способность провести экспериментальные исследования, измерения по заданным методикам с выбором технических средств и обработкой результатов	ПК-3.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.
	ПК-3.2. Умеет грамотно проводить измерения различных параметров лазерного излучения.
ПК-4. Способность составить описание проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовить данные для составления отчетов, обзоров и другой технической документации	ПК-4.2. Умеет грамотно сделать описание проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовить данные для составления отчетов, обзоров и другой технической документации
ПК-11. Готовность к применению современной элементной базы электротехники, электроники и микропроцессорной техники при разработке систем, приборов деталей и узлов систем и технологий	ПК-11.1. Знает применение современной элементной базы электротехники, электроники и микропроцессорной техники при разработке систем, приборов деталей и узлов систем и технологий.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Базовые концепции квантовой электроники	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1	
			умеет	УО-1	
			владеет	УО-1	Вопросы к экзамену
2	Квантовые ансамбли и взаимодействие электромагнитного излучения с веществом	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
3	Лазерные резонаторы	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
4	Накачка лазеров	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
5	Стационарный и нестационарные режимы работы лазера	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
6	Правила обращения с лазерными приборами	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
7	Газовые лазеры	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
8	Твердотельные лазеры с оптической накачкой	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
9	Полупроводниковые светоизлучающие диоды	ПК-3 ПК-4 ПК-11	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
10	Полупроводнико-	ПК-3 ПК-4	знает	УО-1, УО-2	
			умеет	УО-3	

	вые лазеры	ПК-11	владеет	ПР-1	Вопросы к экзамену
			умеет	УО-3	
			владеет	ПР-1, ПР-4	Вопросы к экзамену

УО-1 – собеседование; УО-2 – коллоквиум; УО-3 – доклад, сообщение; ПР-1 – тест, ПР-4 – реферат (см. Положение о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ №12-13-850 от 12.05.2015)

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-3.1. ПК-3.2.	знает (пороговый уровень)	Основные методы проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники по заданной методике	знание основных методов проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники, основных характеристик оптических сигналов и их классификацию; знание оптических характеристик материалов квантовой электроники; знание физических основ оптических эффектов, используемых для управления излучением в лазерных приборах	способность перечислить и раскрыть суть основных методов проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники; способность дать описание оптических характеристик материалов квантовой электроники; способность раскрыть суть физических основ оптических эффектов, используемых для управления оптическим излучением в лазерных приборах
	умеет (продвинутый)	Эффективно применять основные методы проведения измерений и исследования параметров устройств	умение проводить измерения и исследования различных эффектов, возникающих в лазерных приборах	способность проводить измерения и исследования различных эффектов, возникающих в лазерных приборах

		ройств и элементов квантовой электроники	при внешнем воздействии по заданной методике	при внешнем воздействии по изученным в курсе методикам
	владеет (высокий)	навыками проведения измерений и исследования параметров устройств и элементов квантовой электроники по заданной методике.	владение методами измерения параметров и исследования различных физических эффектов для разработки новых типов приборов и элементов квантовой электроники и лазерной физики.	способность выполнить задания предусмотренные курсом в установленные сроки в строгом соответствии с предъявляемыми требованиями; способность объяснить и эффективно представить результаты освоения курса
ПК-4.2.	знает (пороговый уровень)	основные способы описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники	знание основных способов описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения	способность перечислить и раскрыть основных способов описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения
	умеет (продвинутый)	эффективно применять основные способы описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и	умение эффективно применять основные способы описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и	способность описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в

		другой технической документации в области квантовой электроники	другой технической документации в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения	области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения
	владеет (высокий)	Навыками описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники.	владение навыками описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения	способность описания проводимых исследований и разрабатываемых проектов, подготовки материалов для отчетов, обзоров и другой технической документации в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения максимально эффективно и в максимально сжатые сроки
ПК-11.1.	знает (пороговый уровень)	Современную элементную базу квантовой электроники, а также методики ее применения при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий	знание современной элементной базы квантовой электроники, а также методик ее применения при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения	способность перечислить и описать основные элементы современной элементной базы квантовой электроники, а также методик ее применения при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения

	умеет (продвинутый)	применять современную элементную базу квантовой электроники при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий	умение применять современную элементную базу при разработке систем, приборов деталей и узлов, лазерных систем и технологий в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения	способность применения современной элементной базы при разработке систем, приборов деталей и узлов, лазерных систем и технологий в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения
	владеет (высокий)	Навыками использования современной элементной базы квантовой электроники при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий	владение навыками использования современной элементной базы квантовой электроники при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий в области квантовой электроники, лазерной физики, лазерных технологий и приборостроения	способность выполнить задания предусмотренные курсом в установленные сроки в строгом соответствии с предъявляемыми требованиями; способность объяснить и эффективно представить результаты освоения курса в части владения навыками использования современной элементной базы квантовой электроники при разработке систем, приборов деталей и узлов, систем и технологий

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания
результатов освоения дисциплины**

Оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий и выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – <i>«отлично»</i>	90-100	A
4 – <i>«хорошо»</i>	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – <i>«удовлетворительно»</i>	65-69	
	60-64	E
2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего кредитно-модульной системе и полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к знаниям на устном зачёте/экзамене
<p>«зачтено»/«отлично»</p> <p>–</p> <p>A</p>	<p>90 ÷ 100</p>	<p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p>
<p>«зачтено»/ «хорошо»</p> <p>–</p> <p>D, C, B</p>	<p>70 ÷ 89</p>	<p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.</p>
<p>«зачтено»/ «удовлетворительно»</p> <p>–</p> <p>E, D</p>	<p>60 ÷ 69</p>	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.</p>
<p>«не зачтено»/ «неудовлетворительно»</p>	<p>менее 60</p>	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает</p>

– <i>F</i>		существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
---------------	--	---

Критерии оценки (устный ответ)

100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании от-

вета; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Критерии оценки (письменного/устного доклада, реферата, сообщения, эссе, в том числе выполненных в форме презентаций):

100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы, статистические сведения, информация нормативно правового характера. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

85-76 - баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы.

75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы

60-50 баллов - выставляется студенту, если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Квантовая электроника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По дисциплине «Квантовая электроника» предусмотрен следующий вид промежуточной аттестации: экзамен. Экзамен проводится с использованием оценочных средств устного опроса в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов.

Список вопросов к экзамену

1. Спонтанное и вынужденное излучение.
2. Принцип работы лазера.
3. Инверсия населенностей.
4. Пороговые условия лазерной генерации.
5. Основные свойства лазерных пучков.
6. Типы лазеров.
7. Понятие о ширине линии и времени релаксации.
8. Однородное и неоднородное уширение линии.
9. Насыщение поглощения и усиления: стационарный и нестационарный случаи.
10. Релаксация и безызлучательные переходы.
11. Гауссовы пучки.
12. Устойчивые оптические резонаторы.
13. Понятие о собственных модах и собственных значениях резонатора.
14. Критерий устойчивости резонатора.
15. Неустойчивые резонаторы.
16. Анализ неустойчивых резонаторов с точки зрения геометрической и волновой оптики.
17. Накачка лазеров - общие принципы.
18. Виды накачки лазеров.
19. Эффективность и скорость накачки.
20. Накачка некогерентным оптическим излучением.
21. Накачка лазерным излучением.
22. Электрическая накачка.
23. Непрерывный режим работы лазера.
24. Скоростные уравнения.
25. Пороговые условия и выходная мощность лазера.
26. Оптимальная связь на выходе лазера.
27. Перестройка частоты генерации лазера.

28. Селекция продольных и поперечных мод.
29. Нестационарные режимы работы лазера.
30. Релаксационные колебания.
31. Модуляция добротности.
32. Синхронизация мод.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Квантовая электроника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Квантовая электроника» проводится в форме контрольных мероприятий (реферата, тестирования, практической работы) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Для текущего контроля успеваемости проводятся 2-3 аудиторных письменных теста. Тесты включают по 3-6 вопросов закрытого типа (возможны варианты), длительность теста 40-60 минут.

Тестовые вопросы		
Раздел	Вопрос	Правильный ответ
Раздел 1.	<p>Вопрос 1.</p> <p>Пороговое условие лазерной генерации состоит в том, что:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Потери интенсивности циркулирующего в резонаторе излучения за один обход меньше усиления за один обход; 2. Потери интенсивности циркулирующего в резонаторе излучения за один обход больше усиления за один обход; 3. Потери интенсивности циркулирующего в резонаторе излучения отсутствуют. 	1
	<p>Вопрос 2.</p> <p>Лазерные пучки имеют следующие свойства:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая направленность; 2. Высокая пространственная и временная когерентность; 3. Высокая монохроматичность; 4. Все перечисленные выше свойства; 	4
	<p>Вопрос 3.</p> <p>Как увеличение времени релаксации верхнего лазерного уровня влияет на ширину контура лазерного усиления?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличивает; 2. Уменьшает; 3. Никак не влияет; 	2
	<p>Вопрос 4.</p> <p>Как влияет насыщение усиления в активной среде на мощность генерируемого лазером излучения?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ограничивает; 2. Увеличивает; 3. Никак не влияет; 	1
Раздел 2.	<p>Вопрос 1.</p> <p>Пассивным лазерным резонатором является:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Резонатор без активной среды; 2. Резонатор без зеркал; 3. Резонатор лазера с выключенной системой накачки. 	1
	<p>Вопрос 2.</p> <p>Устойчивый резонатор более подвержен механическим вибрациям и прочим техническим шумам чем неустойчивый:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Да; 	2

	<p>2. Нет;</p> <p>3. Устойчивый и неустойчивый резонаторы в одинаковой степени подвержены механическим вибрациям и прочим техническим шумам.</p>	
	<p>Вопрос 3.</p> <p>Нужна ли накачка для работы лазера?</p> <p>1. Да;</p> <p>2. Нет;</p> <p>3. По желанию пользователя.</p>	1
	<p>Вопрос 4.</p> <p>С помощью каких устройств накачивают лазеры?</p> <p>1. С помощью бензонасоса;</p> <p>2. С помощью механических рычагов;</p> <p>3. С помощью системы оптической, электрической или иной системы накачки.</p>	3
Раздел 3.	<p>Вопрос 1.</p> <p>Непрерывный режим работы лазера характеризуется:</p> <p>1. Не меняющейся во времени мощностью генерируемого излучения;</p> <p>2. Короткой длительностью генерируемых импульсов;</p> <p>3. Отсутствием оператора;</p>	1
	<p>Вопрос 2.</p> <p>Скоростные уравнения описывают:</p> <p>1. Скорость полета фотонов;</p> <p>2. Скорость дрожания зеркал резонатора;</p> <p>3. Динамику изменения населенностей уровней активной среды и мощность генерируемого лазером излучения.</p>	3
	<p>Вопрос 3.</p> <p>Оптимальная связь на выходе лазера подразумевает:</p> <p>1. Низкие потери циркулирующего в резонаторе излучения;</p> <p>2. Оптимальную конструкцию зеркал лазерного резонатора и его массогабаритные показатели;</p> <p>3. Подходящий коэффициент отражения выходного зеркала;</p>	3
	<p>Вопрос 4.</p> <p>Перестройка частоты лазерного излучения достигается:</p> <p>1. Модуляцией добротности лазерного резонатора;</p> <p>2. Вращением зеркал лазерного резонатора вокруг продольной оси;</p> <p>3. Изменением длины лазерного резонатора;</p> <p>4. Изменением мощности системы накачки;</p>	4

	<p>Вопрос 5.</p> <p>Модуляция добротности лазерного резонатора используется для:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Генерации коротких импульсов; 2. Экономии энергии системы накачки; 3. Улучшения качества лазерного пучка; 4. Перестройки частоты лазерной генерации; 	1
	<p>Вопрос 6.</p> <p>Синхронизация мод лазерного резонатора используется для:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Генерации сверхкоротких импульсов; 2. Экономии энергии системы накачки; 3. Улучшения качества лазерного пучка; 4. Перестройки частоты лазерной генерации; 	1

Правильный ответ на вопрос – 10 баллов.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*
по дисциплине «Квантовая электроника»
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Магистерская программа «Цифровые лазерные технологии, оптоволоконные
сети»
Форма подготовки очная

Владивосток
2022

**При наличии опубликованных методических указаний по дисциплине*