

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.07 Квантовая электроника

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

канд. техн. наук, доцент, Лямкина Н.Э.

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Квантовая электроника» представляет собой одну из важных дисциплин подготовки специалистов. Квантовая электроника – это область науки и техники, изучающая методы усиления и генерации электромагнитного излучения, основанные на использовании вынужденного излучения а также свойства квантовых усилителей и генераторов и их применения.

Изучение дисциплины базируется на материалах предшествующих естественно-научных дисциплин. В ней излагаются физические принципы усиления и генерации света на основе индуцированного испускания излучения, описываются открытые резонаторы лазерных систем, принципы работы разнообразных типов лазеров и рассматриваются ха-рактеристики их пучков.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний о фундаментальных физических явлениях и законах, лежащих в основе работы лазеров и систем управления характеристиками их излучения

1.2 Задачи изучения дисциплины

Выпускник, освоивший дисциплину «Квантовая электроника» должен приобрести профессиональные компетенции, а также получить умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве специалиста по специальности «Фундаментальная и прикладная физика».

знать: физические основы генерации лазерного излучения; зависимости между различными параметрами; основные пара-метры и характеристики активных сред лазеров (уровни энергии рабочих переходов, вероятности переходов, причины уширения спектральных линий); устройство и принцип действия различных типов лазеров, их основные характеристики, существующие режимы их работы; свойства лазерных пучков; области применения лазеров;

уметь: описывать развитие основных процессов, происходящих в генераторах когерентного оптического излучения, применять математический аппарат для описания этих процессов; применять различные методы расчета и оптимизации основных энергетических и эксплуатационных параметров оптических квантовых генераторов; пользоваться обширным справочным материалом по лазерам и лазерным установкам для нахождения параметров и физико-технических характеристик различных типов лазеров.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства	

<p>ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств</p>	<p>знает основные параметры и характеристики активных сред лазеров (уровни энергии рабочих переходов, вероятности переходов, причины уширения спектральных линий) знает физические основы и принципы действия оптических квантовых генераторов ориентируется в основных достижениях и проблемах современной квантовой электроники и квантовой оптики описывает основные процессы, происходящие в генераторах когерентного оптического излучения применяет математический аппарат для описания этих процессов анализирует режимы работы оптических квантовых генераторов использует методы расчета и оптимизации основных энергетических параметров оптических квантовых генераторов использует методами расчета параметров резонаторов работает с научно-технической информацией</p>
<p>ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства</p>	<p>знает характеристики материалов, используемых в квантовой электронике и лазерной технике знает фундаментальные физические законы, лежащие в основе работы устройств квантовой электроники знает основные характеристики и свойства лазерного излучения анализирует состояние и перспективы развития квантовой электроники анализирует спектральные характеристики материалов, используемых в квантовой оптике и квантовой электронике проводит поиск и анализ научно-технической информации владеет принципами построения физических и математических моделей владеет навыками расчета спектральных характеристик лазерного излучения;</p>

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
Контактная работа с преподавателем:	2 (72)	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	1 (36)	
Самостоятельная работа обучающихся:	1 (36)	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п		Модули, темы (разделы) дисциплины		Контактная работа, ак. час.							
				Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
						Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС				
1. Раздел 1. Активные среды лазеров											
1.							6				
2.	Структура и содержание дисциплины. Лазер как источник когерентного оптического излучения. Отличие свойств лазерных пучков от свойств излучения обычных источников оптического диапазона.	2									
3.	Понятие активной среды лазеров. Населенности возбужденных состояний среды и оптические переходы. Изменение населенности квантовых состояний среды под действием возмущений; балансные кинетические уравнения.	2									
4.	Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной населенности. Способы возбуждения (накачки) активных сред лазеров для получения инверсной населенности.	2									

5. Активные среды лазеров и способы создания в них инверсной заселенности квантовых состояний. Трех- и четырехуровневые схемы получения инверсной заселенности			6					
2. Раздел 2.								
1.							6	
2. . Оптический квантовый усилитель (ОКУ). Условия получения эффекта усиления оптического излучения в средах. Показатель и коэффициент усиления. Полоса пропускания ОКУ, работающего в линейном режиме. Шумы ОКУ.	2							
3. Нелинейный режим работы ОКУ, эффект насыщения среды. Максимальная выходная мощность ОКУ, работающего в непрерывном режиме. Максимальная выходная энергия ОКУ, работающего в импульсном режиме	2							
4. Оптический квантовый генератор (ОКГ). Превращение ОКУ в ОКГ. Условия самовозбуждения генератора. Частота генерации ОКГ (лазера). Максимальная выходная мощность лазера, работающего в непрерывном режиме. Оценка предельных возможностей мощных лазеров.	2							
5. Оптический квантовый усилитель.			4					
6. Оптический квантовый генератор			2					
3. Раздел 3. Оп-тические ре-зонаторы								
1.							4	

2. Свойства оптических резонаторов (ОР). Общие сведения о резонаторах. Потери энергии излучения в ОР. Число Френеля. Добротность ОР и ее зависимость от величины потерь, полосы пропускания ОР и времени затухания энергии излучения в ОР.	2							
3. Типы ОР. Устойчивые и неустойчивые ОР.	2							
4. Свойства оптических резонаторов.			4					
5. Моды оптических резонаторов			2					
4. Раздел 4. Режимы работы лазеров								
1.							4	
2. Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности резонатора и генерация гигантских импульсов. Режим синхронизации продольных мод и генерация ультракоротких лазерных импульсов.	2							
3. Синхронизация поперечных мод. Режим разгрузки резонатора. Режим генерации последовательности импульсов в лазерах с непрерывной накачкой. Использование отрицательной обратной связи для получения импульсов микросекундной длительности.	2							
4. Режимы работы лазеров.			6					
5. Раздел 5. Ти-пы лазеров								
1.							10	

<p>2. Твердотельные лазеры Особенности твердотельных активных сред лазеров. Уровни энергии иона хрома в корунде; рубиновый лазер. Уровни энергии иона неодима; неодимовый лазер. Лазерное стекло. Особенности полупроводниковых лазеров. Вынужденное излучение в полу-проводниках, создание инверсной заселенности. Лазеры на гомоструктурах. Лазеры на гетероструктурах</p>	4							
<p>3. Газовые лазеры Лазеры на нейтральных атомах (пример гелий-неонового лазера). Ионные лазеры (пример аргонового лазера). Лазеры на самоограниченных переходах (пример лазера на парах меди). Эксимерные лазеры. Химические лазеры (пример HF-лазера).</p>	2							
<p>4. CO₂-лазеры Схема энергетических уровней молекулы CO₂, участвующих в процессе лазерной генерации. Создание инверсии заселенности на лазерных переходах. Формирование частотного спектра лазерного излучения. Зависимость мощности генерации CO₂-лазера от температуры активной среды. Импульсные CO₂-лазеры. Газодинамические и химические CO₂-лазеры</p>	2							

5. Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК) Спектрально-люминесцентные свойства органических красителей; схема уровней. Возбуждение молекулы красителя и пути ее дезактивации. Условие генерации лазерного излучения в ЛРОК. Перестройка частоты лазерного излучения с помощью дисперсионных резонаторов. Продольный и поперечный способы накачки ЛРОК. Импульсный и непрерывный режимы работы ЛРОК.	2							
6. Твердотельные лазеры			2					
7. Газовые лазеры СО2-лазеры			2					
8. Лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК)			2					
6. Раздел 6. Свойства лазерных пучков								
1.							6	
2. Энергетические характеристики лазерного излучения Временная подгруппа энергетических характеристик для описания свойств излучения лазеров непрерывного и импульсного действия. Пространственная подгруппа энергетических характеристик. Измерение энергии и мощности излучения. Измерение угла расходимости пучка и радиального распределения его интенсивности. Фокусировка лазерных пучков. Понятия яркостного размера пятна фокусировки, его сосредоточенности и контрастности	2							

3. Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения Спектр лазерного излучения и понятие его монохроматичности. Корреляционные характеристики (когерентность и поляризация). Временная и пространственная когерентности лазерных пучков. Степень когерентности и ее измерение. Степень поляризации и ее измерение.	2							
4. Дополнительные характеристики: спектральная плотность энергетической освещенности, энергетическая яркость и спектральная плотность энергетической яркости. Сравнение свойств лазерного излучения со свойствами естественного света. Способы сравнения характеристик пучков различных лазеров	2							
5. Энергетические характеристики лазерного излучения.			2					
6. Спектральные, корреляционные и дополнительные характеристики лазерного излучения.			4					
Всего	36		36				36	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника: учеб. пособие для студентов вузов(Санкт-Петербург: Лань).
2. Айхлер Ю., Айхлер Г. И., Казанцева Л. Н. Лазеры. Исполнение, управление, применение(Москва: Техносфера).
3. Тарасов Л. В. Физика лазера(Москва: URSS).
4. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике: монография(Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.).
5. Звелто О. Принципы лазеров: перевод с английского(Санкт-Петербург: Лань).
6. Тарасов Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения: лазеры, резонаторы, динамика процессов (Москва: Радио и связь).
7. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Тарлыков В. А. Основы лазерной техники: учеб. пособие для приборостроительных спец. вузов (Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние).
8. Тимофеев В. П. Взаимодействие оптического излучения с инверсными средствами: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
9. Тимофеев В. П. Характеристики лазерного излучения и их измерение: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Операционная система MS Windows
2. Офисный пакет MS Office

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. <http://elibrary.ru>
2. <http://www.znaniium.com>

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Институт располагает учебными аудиториями для проведения занятий лекционного типа и практических занятий. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (демонстрационное оборудование).