

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Введение в квантовую электронику**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Паршин В.А.
	Идентификатор	R683b30a4-ParshinVA-d4b11303

В.А. Паршин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

Н.М.
Скорнякова

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

Н.М.
Скорнякова

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить, сопровождать работы, организовывать обучение персонала по проектированию и конструированию лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов

ИД-2 Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Тест №1 (Тестирование)
4. Тест №2 (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторных работ (Дискуссия)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	14	16
Основные понятия оптики и квантовой электроники						
Главные термины оптики и квантовой электроники	+	+	+			+
Взаимодействие оптического излучения с веществом			+	+		+
Механизмы создания инверсии населённости			+	+		+
Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах			+	+		+
Общий принцип работы лазеров						
Устройство лазеров и принцип работы					+	+
Оптические резонаторы					+	+

Формирование свойств лазерного излучения				+	+
Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц				+	+
Принцип работы различных видов лазеров					
Газовые лазеры					+
Твердотельные лазеры					+
Волоконные лазеры					+
Полупроводниковые лазеры					+
Обеспечение импульсного режима генерации лазеров			+		+
Вес КМ:	5	30	15	30	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2ПК-1 Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов	Знать: Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники Основные понятия квантовой и оптической электроники Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения Уметь: Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного	Тест №1 (Тестирование) Контрольная работа №1 (Контрольная работа) Тест №2 (Тестирование) Контрольная работа №2 (Контрольная работа) Защита лабораторных работ (Дискуссия)

		излучения	
--	--	-----------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест №1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 5

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается бланк с 10 вопросами и 4 вариантами ответов на каждый. Студенту нужно выбрать единственный верный вариант ответа на каждый из вопросов. На весь тест отводится 7 минут.

Краткое содержание задания:

Спектр излучения – это...

1. Набор всех поляризаций, имеющихся в составе данного излучения
2. Чередование максимумов и минимумов интерференционной картины при наложении электромагнитных волн
3. Совокупность всех характеристик данного излучения
4. Распределение энергетических параметров данного излучения по имеющимся в его составе частотам или длинам волн

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основные понятия квантовой и оптической электроники	1.Перечислите основные понятия геометрической, физической и квантовой оптики. 2.Перечислите основные характеристики излучения. 3.Как преобразуется излучения после прохождения через оптическую систему или отражения от плоской границы раздела двух диэлектрических сред? 4.Как связаны между собой фазовые, спектральные и энергетические параметры фотона?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если дан верный ответ на 9-10 из 10 вопросов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если дан верный ответ на 7-8 из 10 вопросов

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если дан верный ответ на 5-6 из 10 вопросов

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или если дан верный ответ менее, чем на 5 вопросов.

КМ-2. Контрольная работа №1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается вариант, состоящий из 3 задач. На решение задач отводится 2 академических часа.

Краткое содержание задания:

1 Найти *логарифмический* коэффициент усиления для активной среды толщиной 15 см, если известно, что коэффициент усиления для той же среды толщиной 2 см равен 20.

2 Длина когерентности в случае доплеровского уширения одной из линий излучения атомов водорода при температуре 400 °С составляет 21 мм. Чему равна энергия (в эВ) соответствующего перехода на резонансной длине волны?

3 Одна из компонент вектора Джонса $D_J = -3 + 8j$ В/м. Найти амплитуду и начальную фазу x - компоненты светового вектора, если поляризационная переменная равна $2 + 5j$.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения	1.Как использовать закон Бугера-Ламберта-Бера для расчёта коэффициента усиления среды? 2.Как рассчитываются спектральные характеристики излучения в случае однородного и неоднородного уширения? 3.Какие существуют методы расчёта поляризационных характеристик излучения?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 99

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения всех задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 66

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения 2 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей, либо верно решены 3 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 33

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения 1 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей, либо верно решены 2 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задачи не решены, либо решены неверно, с некорректным конечным результатом в виде формулы и численных значений.

КМ-3. Тест №2

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается вариант с 5 вопросами со свободным ответом на каждый. Студенту нужно выписать ответы на отдельный лист. На весь тест отводится 15 минут.

Краткое содержание задания:

1. Суть метода эквивалентного конфокального резонатора состоит в ...
2. Опишите различные состояния поляризации.
3. Объясните процесс вынужденного излучения.
4. Изобразите график зависимости кривизны волновой поверхности гауссова пучка в продольном сечении.
5. Запишите условие устойчивости двухзеркальных лазерных резонаторов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники	1. Какие виды излучательных и безизлучательных переходов существуют? 2. В чем заключается принцип расчёта пространственных характеристик излучения в устойчивом двухзеркальном лазерном резонаторе? 3. Что такое полиномы Эрмита-Гаусса? 4. Что такое гауссов пучок и каковы его свойства?
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если дан корректный ответ на все вопросы

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если дан корректный ответ на 4 из 5 вопросов, либо в целом даны верные ответы на все вопросы, но с допущением незначительных ошибок.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если дан корректный ответ на 3 из 5 вопросов, либо в целом даны верные ответы на 4 вопроса, но с допущением незначительных ошибок.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если дан корректный ответ менее, чем на 3 из 5 вопросов, либо если ответы на вопросы отсутствуют.

КМ-4. Контрольная работа №2

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается вариант, состоящий из 3 задач. На решение задач отводится 2 академических часа.

Краткое содержание задания:

1 Найти коэффициент обратной связи для двухзеркального резонатора длиной 80 см, если в его спектре собственных частот ширина спектральной линии составляет 60 МГц, а активная среда представляет из себя разреженный газ.

2 Радиус кривизны первого зеркала двухзеркального оптического резонатора равен 2 м, а второе зеркало плоское. Расстояние между зеркалами составляет 70 см. Найти угол расходимости (в угл. минутах) и размер перетяжки гауссова пучка, сформировавшемся в таком резонаторе, если длина волны излучения 0,55 мкм.

3 Чему равна толщина плоскопараллельной пластины с показателем преломления 1,4, если изображение предмета, наблюдаемое через эту пластину вдоль перпендикулярной ей оптической оси, смещается на расстояние 2 см в сторону наблюдателя относительно положения самого предмета?

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой	1. Как рассчитываются параметры усиления и потерь в оптическом резонаторе? 2. Как рассчитываются параметры гауссова пучка в оптическом резонаторе? 3. Как рассчитать параметры излучения, преобразованного оптической системой, матричным методом?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 99

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения всех задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 66

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения 2 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей, либо верно решены 3 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 33

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения 1 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех размерностей, либо верно решены 2 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задачи не решены, либо решены неверно, с некорректным конечным результатом в виде формулы и численных значений.

КМ-5. Защита лабораторных работ

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Дискуссия

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается по одному вопросу на каждую лабораторную работу. На подготовку к ответу отводится 30 минут.

Краткое содержание задания:

1. Запишите условие устойчивости резонатора. Где на диаграмме устойчивости располагаются симметричный конфокальный, симметричный концентрический и плоский резонатор?
2. Что такое комплексный параметр гауссова пучка? Что такое закон ABCD?
3. Что такое энергетические и амплитудные коэффициенты пропускания и отражения? Какова их взаимосвязь?

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения	1. Перечислите и опишите основные свойства и параметры лазерного излучения. 2. Что такое моды оптического резонатора? От чего зависят их характеристики? 3. Как рассчитываются параметры гауссова пучка, преобразованного оптической системой? 4. Опишите зависимость коэффициентов отражения и пропускания от угла падения на границу раздела диэлектрик-диэлектрик?
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если дан корректный и исчерпывающий ответ на основные и дополнительные вопросы

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если дан в целом корректный и исчерпывающий ответ на основные и дополнительные вопросы, но допущены незначительные ошибки или неточности

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на все вопросы даны преимущественно верно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется в случае: - отсутствия допуска к защите лабораторных работ; - дан полностью неверный ответ хотя бы на один из вопросов и отсутствуют корректные ответы на дополнительные наводящие на верный ответ вопросы преподавателя.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Лазеры: устройство, основные элементы и их назначение. Принцип действия лазеров. Полный показатель усиления. Классификация и применение лазеров. Особенности лазерного излучения.
2. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Логарифмический коэффициент усиления. Эффективное сечение перехода и его физический смысл.

Задача

Температура газа, состоящего из молекул гелия (4 а.е.м.), равна 800 К. В случае неоднородного уширения на расстоянии 0,3 нм от резонансной длины волны в спектре одной из спектральных линий значение спектральной плотности мощности убывает в 6 раз. Найти резонансную длину волны данной линии.

Процедура проведения

Экзамен проводится устно. Студенту выдается билет с 2 теоретическими заданиями и 1 задачей. Время на подготовку к ответу - 60 минут.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов

Вопросы, задания

1. Лазеры: устройство, основные элементы и их назначение. Принцип действия лазеров. Полный показатель усиления. Классификация и применение лазеров. Особенности лазерного излучения.
2. Резонаторы и их классификация по различным критериям. Основные параметры резонаторов и правила знаков. Устойчивость и добротность резонатора. Потери.
3. Виды двухзеркальных резонаторов. Способы вывода излучения из резонатора. Концентрический и конфокальный резонатор. Метод конфокального резонатора.
4. Формирование лазерного излучения в резонаторе, моды. Продольные и поперечные моды. Полиномы Эрмита-Гаусса. Селекция мод.
5. Лазеры на атомарных смесях. Не-Ne лазер: конструкция, принцип работы, схема уровней, КПД, выходная мощность и длины волн генерации.
6. Лазеры на молекулярных смесях. CO₂ лазер: конструкция, принцип работы, схема уровней, КПД, выходная мощность и спектр генерации.
7. Твердотельные лазеры (ТЛ): виды, ключевые особенности. Активная среда ТЛ и требования к ней. Варианты оптической накачки и охлаждения активной среды.
8. Волоконные лазеры: система накачки, общая схема и принцип работы. Особенности волоконных лазеров.
9. Обеспечение режима непрерывной и свободной генерации, разгрузки резонатора, синхронизации мод.

10. Прохождение излучения через изотропную среду. Поглощение и усиление излучения. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Логарифмический коэффициент усиления. Эффективное сечение перехода и его физический смысл.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Источником когерентного излучения является...

Ответы:

1. Светодиод 2. Лазер 3. Солнце 4. Лампа накаливания

Верный ответ: 2. Лазер

2. Спектр излучения – это...

Ответы:

1. Набор всех поляризаций, имеющих в составе данного излучения 2. Чередование максимумов и минимумов интерференционной картины при наложении электромагнитных волн 3. Совокупность всех характеристик данного излучения 4. Распределение энергетических параметров данного излучения по имеющимся в его составе частотам или длинам волн

Верный ответ: 4. Распределение энергетических параметров данного излучения по имеющимся в его составе частотам или длинам волн

3. Излучательными квантовыми переходами называются

Ответы:

1. Переходы между атомарными энергетическими уровнями 2. Переходы, сопровождающиеся излучением или поглощением фотона 3. Переходы между молекулярными энергетическими уровнями 4. Всё вышеперечисленное

Верный ответ: 2. Переходы, сопровождающиеся излучением или поглощением фотона

4. Математическая модель основной моды излучения, сформированного в устойчивом симметричном двухзеркальном конфокальном резонаторе называется

Ответы:

1. Гауссовым пучком 2. Бесселевым пучком 3. Бездифракционным пучком 4. Не имеет названия

Верный ответ: 1. Гауссовым пучком

5. Резонатор, в котором излучение распространяется вблизи оптической оси и не выходит за апертуру зеркал является

Ответы:

1. Разъюстированным 2. Неустойчивым 3. Устойчивым 4. Конфокальным

Верный ответ: 3. Устойчивым

6. В лазере за генерацию и усиление излучения отвечает

Ответы:

1. Система накачки 2. Резонатор 3. Активная среда 4. Оптический модулятор добротности

Верный ответ: 3. Активная среда

7. Область с наиболее узкой шириной гауссова пучка в его продольном сечении называется

Ответы:

1. Перетяжкой 2. Каустикой 3. Ближней зоной 4. Пятном генерации

Верный ответ: 1. Перетяжкой

8. Различие частот излучаемого и принимаемого сигнала при движении источника относительно приёмника связано с

Ответы:

1. Дисперсией 2. Фотоэффектом 3. Чувствительностью приёмника 4. Эффектом Доплера

Верный ответ: 4. Эффектом Доплера

9. При уменьшении разности энергий между уровнями частота фотона при спонтанном излучении...

Ответы:

1. Не изменяется 2. Уменьшается 3. Увеличивается 4. Может как увеличиться, так и уменьшиться

Верный ответ: 2. Уменьшается

10. Наиболее компактным среди видов лазеров являются

Ответы:

1. Твердотельные лазеры 2. Газовые лазеры 3. Волоконные лазеры 4. Полупроводниковые лазеры

Верный ответ: 4. Полупроводниковые лазеры

11. Первый в мире лазер был сделан на основе активной среды из

Ответы:

1) полупроводникового соединения AlGaAs 2) рубина 3) неодима 4) газовой смеси CO₂ и N₂

Верный ответ: 2) рубина

12. Распределение концентрации частиц по энергиям в термодинамически равновесной системе описывается

Ответы:

1) Распределением Максвелла 2) Распределением Пуассона 3) Распределением Больцмана 4) Нормальным распределением

Верный ответ: 3) Распределением Больцмана

13. Изменение интенсивности излучения при его прохождении через однородную изотропную поглощающую среду подчиняется закону

Ответы:

1) Снеллиуса 2) Малюса 3) Планка 4) Бугера-Ламберта-Бера

Верный ответ: 4) Бугера-Ламберта-Бера

14. Расходимость гауссова пучка определяется в

Ответы:

1) ближней зоне 2) дальней зоне 3) перетяжке 4) на расстоянии рэлеевской длины от перетяжки

Верный ответ: 2) дальней зоне

15. Спектр собственных частот резонатора называется

Ответы:

1) продольными модами 2) поперечными модами 3) добротностью резонатора 4) параметром конфигурации резонатора

Верный ответ: 1) продольными модами

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть заданий выполнена верно, но не даны корректные ответы на вопросы углубленного уровня.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Все задания билета не выполнены или выполнены преимущественно неправильно.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.