

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

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Газовые и твердотельные лазеры**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Близнюк В.В.
	Идентификатор	R87b84c87-BlizniukVV-6369d50b

(подпись)

В.В. Близнюк

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

Н.М.

Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

## 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 осуществлять техническое управление разработкой проектов квантовооптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

ИД-1 Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

ИД-6 Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест 1 (Тестирование)
2. Тест 2 (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Определение характеристик и параметров газовых лазеров (Контрольная работа)
2. Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита второго цикла лабораторных работ (Дискуссия)
2. Защита первого цикла лабораторных работ (Дискуссия)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	12	15	15	15
Газовые лазеры							
Общая классификация газовых лазеров. Создание активной среды. Резонаторы. Спектр излучения и режимы генерации.	+		+		+	+	
Газоразрядные лазеры на атомных переходах	+		+		+	+	
Газоразрядные лазеры на ионных переходах			+				

Лазеры на колебательно-вращательных переходах молекул			+			
Твердотельные лазеры						
Основные характеристики твердотельных лазерных активных сред. Трехуровневые и четырехуровневые среды		+		+	+	+
Режимы работы твердотельных лазеров. Способы активной и пассивной модуляции добротности		+		+		
Оптические источники накачки. Газоразрядные лампы накачки. Диодные системы накачки		+		+		
Оптические элементы твердотельных лазеров. Управление пространственными и спектральными параметрами лазеров				+	+	
Вес КМ:	10	10	25	25	15	15

\$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-1 <sub>ПК-1</sub> Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства	Уметь: выбирать круг задач в рамках диагностики излучения газовых лазеров	Определение характеристик и параметров газовых лазеров (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-6 <sub>ПК-1</sub> Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов	Знать: современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик твердотельных лазеров методики диагностики излучения газовых лазеров с учётом современных тенденций развития приборов квантовой электроники Уметь:	Тест 1 (Тестирование) Тест 2 (Тестирование) Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров (Контрольная работа) Защита первого цикла лабораторных работ (Дискуссия) Защита второго цикла лабораторных работ (Дискуссия)

		<p>определять перспективные направления развития методик диагностики излучения газовых и твердотельных лазеров использовать современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований параметров и характеристик газовых и твердотельных лазеров проводить стандартные операции в ходе исследований параметров и характеристик твердотельных лазеров</p>	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест 1

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант с 4 вопросами и 5 вариантами ответа на каждый. На выполнение отводится 15 минут.

#### Краткое содержание задания:

Блок-схема лазера включает в себя .....

1. блок питания и резонатор.
2. блок питания и активную среду.
3. активную среду и резонатор.
4. блок питания, рабочее вещество лазера и резонатор.
5. блок питания, активную среду и резонатор.

Спектр излучения газоразрядного лазера определяется с учетом .....

1. однородного уширения линии излучения ансамбля частиц.
2. неоднородного уширения линии излучения ансамбля частиц.
3. отражательной способности зеркал резонатора.
4. апертуры зеркал резонатора.
5. напряжения, приложенного к газоразрядной трубке.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методики диагностики излучения газовых лазеров с учётом современных тенденций развития приборов квантовой электроники	1.С учетом чего определяется спектр излучения газоразрядного лазера? 2.За счёт чего создается инверсия населенности в аргоновом лазере? 3.Как выглядит блок-схема лазера?
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Дан верный ответ на 4 вопроса.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Дан верный ответ на 3 вопроса.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Дан верный ответ на 2 вопроса.*

### КМ-2. Тест 2

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант с 4 вопросами и 5 вариантами ответа на каждый. На выполнение отводится 15 минут.

**Краткое содержание задания:**

Возбуждение ионов в активных средах твердотельных лазеров осуществляется с помощью .....

1. электрического тока.
2. химической реакции.
3. оптического излучения.
4. механического воздействия.
5. комплексного использования всех факторов, перечисленных в пунктах 1-4.

Твердотельный лазер на ионах Nd<sup>3+</sup> может работать .....

1. по двухуровневой схеме.
2. по трехуровневой схеме.
3. по четырехуровневой схеме.
4. по трех- и четырехуровневой схеме.
5. по любой из перечисленных в пунктах 1-4 схем.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик твердотельных лазеров	1. С помощью чего осуществляется возбуждение ионов в активных средах твердотельных лазеров? 2. По какой схеме может работать твердотельный лазер на ионах Nd <sup>3+</sup> ? 3. Что представляет собой концентрический резонатор?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Дан верный ответ на 4 вопроса.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Дан верный ответ на 3 вопроса.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Дан верный ответ на 2 вопроса.*

**КМ-3. Определение характеристик и параметров газовых лазеров**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

- 1) Определите число атомов неона в гелий-неоновом лазере, длина газоразрядной трубки которого  $L = 30$  см, а внутренний диаметр  $D = 1$  мм. Мощность излучения лазера  $P = 1,35$  мВт. Длина волны генерации  $\lambda = 0,63$  мкм. Давление смеси гелия и неона  $p$  равно



500 Па,  $p_{\text{He}}/p_{\text{Ne}} = 5:1$ , молярный объем при давлении 1 бар равен 22,4 л. Оцените также, какое число фотонов излучает каждый атом неона за одну секунду.

2) Длина газоразрядной трубки  $l$  аргонового лазера равна 1 м, а внутренний диаметр  $2r = 1,5$  мм. Известны следующие параметры разряда: плотность электронов  $n_e = 10^{14}$  см<sup>-3</sup>; плотность тока  $j = 10^3$  А/см<sup>2</sup>; напряженность поля  $E = 4$  В/см. Рассчитайте напряжение на трубке, электрическое сопротивление  $R$  и мощность  $P$  разряда.

3) При температуре  $T = 370$  К максимальная населенность верхнего лазерного уровня CO<sub>2</sub>-лазера  $J_{\text{max}}$  достигается при значении вращательного квантового числа  $J$ , приближенно равном 17. Используя эти данные, рассчитайте вращательную постоянную  $B_r$ .

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: выбирать круг задач в рамках диагностики излучения газовых лазеров</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определите минимальный коэффициент отражения зеркала гелий-неонового лазера длиной 1 м для возбуждения генерации на длине волны 633 нм и 543 нм. Показатели усиления активной среды <math>k</math> для указанных длин волн равны 0,1 м<sup>-1</sup> и 0,005 м<sup>-1</sup>.</li> <li>2. Какой должна быть длина резонатора гелий-неонового лазера и CO<sub>2</sub>-лазера для формирования одной продольной моды, если механизм уширения контура линии усиления обоих лазеров доплеровский?</li> <li>3. Какова термическая населенность нижнего лазерного уровня CO<sub>2</sub>-лазера (энергия уровня 1387,8 см<sup>-1</sup>) при 600 °С?</li> </ol>
--	---

### 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.

### КМ-4. Определение характеристик и параметров твердотельных лазеров

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

1. Запишите и объясните, как получается (принцип Паули, правило Хунда) обозначение основного энергетического уровня трехвалентного редкоземельного иона  $Tm^{3+}$ . Рассчитайте количество Штарковских компонент, на которое расщепляется основное состояние в кристаллическом поле.
2. В условиях теплового равновесия при  $T = 300\text{ K}$  отношение населенностей некоторой пары невырожденных уровней  $N_1/N_2$  равно  $1/e$ . Вычислите величину энергетического зазора между ними. В каком диапазоне спектра находится фотон с такой энергией.
3. Вычислите длину волны  $\lambda_{max}$ , соответствующую максимуму распределения излучения абсолютно черного тела находящегося при температуре  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$  (лед-вода). Укажите, в какой области спектра находится это излучение.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: проводить стандартные операции в ходе исследований параметров и характеристик твердотельных лазеров</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как рассчитать количество Штарковских компонент, на которое расщепляется основное состояние в кристаллическом поле <math>Ho^{3+}</math>?</li> <li>2. Как вычислить скорость звука в кварцевом стекле при включении ультразвуковой волны с частотой 100 МГц, приводящей к отклонению луча с длиной волны 632,8 нм на угол 10,6 мрад?</li> <li>3. Как определить максимальную пиковую мощность импульса в предположении его симметричной треугольной временной формы с известной энергией импульса накачки и КПД лазера?</li> </ol>
---	---

**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.

**КМ-5. Защита первого цикла лабораторных работ**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Дискуссия

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается по одному вопросу на каждую лабораторную работу. На подготовку к ответу отводится 15 минут.

**Краткое содержание задания:**

Чем определяется характер насыщения усиления излучения генерации?  
 Что такое конфокальный параметр и рэлеевская длина? В чём их смысл?  
 Перечислите основные типы и характеристики источников накачки твердотельных лазеров.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: использовать современные стандартизованные методики проведения экспериментальных исследований параметров и характеристик газовых и твердотельных лазеров	1. Как рассчитывается коэффициент использования энергии накачки? Каков его физический смысл? 2. От чего и как зависит положение перетяжки преобразованного гауссова пучка, прошедшего собирающую линзу? 3. Чем отличается однородное насыщение от неоднородного?
---	--

**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, но допущены принципиальные ошибки, которые студент по указаниям преподавателя смог исправить.

**КМ-6. Защита второго цикла лабораторных работ**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Дискуссия

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается по одному вопросу на каждую лабораторную работу. На подготовку к ответу отводится 15 минут.

**Краткое содержание задания:**

- Сформулируйте метод Джонса для расчета преобразования состояния поляризации излучения He-Ne лазера.
- - От чего зависит выходная мощность лазера?
- - Какой параметр количественно характеризует степень подобия реального пучка гауссовому?

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: определять	1. Что такое центроид пучка? Как его определить в
-------------------	---

<p>перспективные направления развития методик диагностики излучения газовых и твердотельных лазеров</p>	<p>случае непрерывного и дискретного распределения плотности мощности? 2. Почему ватт-амперная характеристика He-Ne лазера имеет экстремум? 3. Как экспериментально определить параметры Стокса излучения твердотельного лазера?</p>
---	--

**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, но допущены принципиальные ошибки, которые студент по указаниям преподавателя смог исправить.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Принципы и методы модуляции добротности резонатора твердотельного лазера. Электрооптический модулятор добротности на кристаллах KDP и LiNbO<sub>3</sub>.
2. Общая классификация лазеров. Виды накачки лазеров. Механизм создания активной среды в газоразрядных лазерах.  
Задача. При какой наибольшей длине резонатора L He-Ne лазер с шириной линии генерации 1 ГГц еще будет работать в одночастотном режиме?

### Процедура проведения

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-1<sub>ПК-1</sub> Анализ исходных требований к разрабатываемому проекту квантово-оптических систем для решения задач диагностики, навигации, связи и контроля космического пространства

### Вопросы, задания

1. Спектр излучения и режимы генерации газоразрядного лазера.
2. Оцените число возможных мод для аргонового лазера со следующими параметрами: длина волны 0,488 мкм; длина резонатора 1 м; диаметр зеркал резонатора 2 см; ширина контура усиления 3,5 ГГц; коэффициент отражения выходного зеркала 0,9. Второе зеркало – глухое.
3. Газоразрядные лазеры на атомарных переходах. Общая характеристика гелий-неонового лазера.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Из каких компонентов складывается внутренняя энергия молекулы вещества?

Ответы:

- а) Внутренняя энергия молекулы вещества складывается из: 1) энергии поступательного движения атомов; 2) энергии вращательного движения ядра; 3) энергии колебательного движения ядра.
- б) Внутренняя энергия молекулы вещества складывается из: 1) энергии ядра атомов в составе молекулы; 2) потенциальной энергии атомов относительно их положения равновесия; 3) энергии упругой деформации молекулы.
- в) Внутренняя энергия молекулы вещества складывается из: 1) энергии связи атомов; 2) энергии связи электронов; 3) энергии валентных электронов.
- г) Внутренняя энергия молекулы вещества складывается из: 1) потенциальной энергии электронов в атоме; 2) энергии колебаний атомов относительно их положения равновесия; 3) энергии вращательного движения молекулы.

Верный ответ: г) Внутренняя энергия молекулы вещества складывается из: 1) потенциальной энергии электронов в атоме; 2) энергии колебаний атомов

относительно их положения равновесия; 3) энергии вращательного движения молекулы.

2. Зачем в конструкции гелий-неонового лазера используются наклонные торцевые окна газоразрядной трубки?

Ответы:

- а) Торцевые окна газоразрядной трубки устанавливаются под углом Брюстера для формирования линейно поляризованного излучения.
- б) Наклонные торцевые окна газоразрядной трубки устанавливаются для упрощения процедуры юстировки резонатора.
- в) Наклонные торцевые окна газоразрядной трубки устанавливаются для уменьшения расходимости излучения.
- г) Наклонные торцевые окна газоразрядной трубки устанавливаются для повышения устойчивости резонатора.

Верный ответ: а) Торцевые окна газоразрядной трубки устанавливаются под углом Брюстера для формирования линейно поляризованного излучения.

3. Чем объясняется малый КПД гелий-неонового лазера?

Ответы:

- а) Малый КПД гелий-неонового лазера объясняется малым объёмом инверсной среды и малым КПД резонатора.
- б) Малый КПД гелий-неонового лазера объясняется малым квантовым выходом и малым объёмом инверсной среды.
- в) Малый КПД гелий-неонового лазера объясняется малым квантовым выходом и малым КПД резонатора.
- г) Малый КПД гелий-неонового лазера объясняется малым квантовым выходом, малой эффективностью электронной компоненты плазмы и малым КПД резонатора.

Верный ответ: г) Малый КПД гелий-неонового лазера объясняется малым квантовым выходом, малой эффективностью электронной компоненты плазмы и малым КПД резонатора.

4. Чем объясняется относительно высокий КПД лазеров на смеси углекислого газа и азота?

Ответы:

- а) Относительно высокий КПД лазеров на смеси углекислого газа и азота объясняется большим квантовым выходом и высокой эффективностью электронной компоненты плазмы.
- б) Относительно высокий КПД лазеров на смеси углекислого газа и азота объясняется высокой температурой газового разряда.
- в) Относительно высокий КПД лазеров на смеси углекислого газа и азота объясняется интенсивным охлаждением газоразрядной трубки.
- г) Относительно высокий КПД лазеров на смеси углекислого газа и азота объясняется большой прозрачностью окошек газоразрядной трубки и подложек зеркал резонатора.

Верный ответ: а) Относительно высокий КПД лазеров на смеси углекислого газа и азота объясняется большим квантовым выходом и высокой эффективностью электронной компоненты плазмы.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-бПК-1 Разработка технических заданий на разработку квантово-оптических систем в целом и их составных частей, эскизных и технических проектов

### Вопросы, задания

1. Безызлучательные переходы в твердотельных лазерных средах. Время жизни возбужденного состояния. Форма спектральной линии. Однородное и неоднородное уширение. Сечение поглощения.

2. Четырехуровневая лазерная среда на примере кристалла ИАГ с Nd<sup>3+</sup>. Основные физические и спектроскопические параметры кристалла ИАГ с Nd<sup>3+</sup>.
3. Основное и дополнительное условие самовозбуждения лазера.
4. Корпус резонатора состоит из трех стержней, каждый из которых выполнен из инвара и имеет форму кругового цилиндра длиной  $L = 1$  м и диаметром  $d = 1,5$  см. Температура стержней  $T = 300$  К. Модуль Юнга инвара  $G = 14000$  кг/мм<sup>2</sup>. Оцените теоретический предел относительной нестабильности частоты генерации гелий-неонового лазера с таким резонатором и предельно допустимую величину изменения длины резонатора.
5. Трехуровневая среда на примере кристалла рубина. Основные физические и спектроскопические параметры кристалла рубина.
6. Показатель усиления активной среды аргонового лазера на линии излучения 0,488 мкм равен 0,8 1/м. Диаметр газоразрядной трубки  $d = 3$  мм, длина трубки  $l = 1$  м. Напряжение между анодом и катодом равно  $U = 300$  В. Определите КПД и мощность излучения такого лазера.
7. Лазерная генерация. Преобразование энергии в твердотельных лазерах (ТД). Добротность резонатора ТД.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как можно усилитель излучения превратить в генератор?

Ответы:

- а) Для превращения усилителя излучения в генератор необходимо использовать оптический резонатор, обеспечивающий положительную обратную связь.
- б) Для превращения усилителя излучения в генератор необходимо обеспечить большое усиление излучения в активной среде.
- в) Для превращения усилителя излучения в генератор необходимо уменьшить потери в объеме газового разряда.
- г) Для превращения усилителя излучения в генератор необходимо обеспечить большую скорость накачки активной среды.

Верный ответ: а) Для превращения усилителя излучения в генератор необходимо использовать оптический резонатор, обеспечивающий положительную обратную связь.

2. По каким признакам проводится классификация лазеров?

Ответы:

- а) Классификация лазеров проводится по трём признакам: 1) состоянию поляризации излучения; 2) сроку службы; 3) средней мощности излучения;
- б) Классификация лазеров проводится по трём признакам: 1) мощности лазера; 2) длине волны излучения; 3) режиму генерации (непрерывный, импульсный).
- в) Классификация лазеров проводится по трём признакам: 1) агрегатному состоянию активной среды; 2) физическому принципу накачки (газоразрядные, газодинамические, с оптической накачкой, с использованием р-п-перехода); 3) временному режиму накачки (непрерывная, импульсная).
- г) Классификация лазеров проводится по трём признакам: 1) габаритным размерам; 2) массе излучателя; 3) КПД.

Верный ответ: в) Классификация лазеров проводится по трём признакам: 1) агрегатному состоянию активной среды; 2) физическому принципу накачки (газоразрядные, газодинамические, с оптической накачкой, с использованием р-п-перехода); 3) временному режиму накачки (непрерывная, импульсная).

3. От каких факторов зависит показатель усиления инверсной среды?

Ответы:

- а) Показатель усиления инверсной среды зависит от добротности резонатора.
- б) Показатель усиления инверсной среды зависит от инверсии и паразитных потерь в

такой среде.

в) Показатель усиления инверсной среды зависит от спектра собственных частот резонатора.

г) Показатель усиления инверсной среды зависит от инверсии и силы осциллятора для конкретного перехода, а также вида функции, описывающей частотный контур спонтанной линии излучения.

Верный ответ: г) Показатель усиления инверсной среды зависит от инверсии и силы осциллятора для конкретного перехода, а также вида функции, описывающей частотный контур спонтанной линии излучения.

4. Зачем в конструкции лазера нужен резонатор?

Ответы:

а) Резонатор нужен для создания положительной обратной связи в схеме генератора и формирования требуемых пространственных, частотных и поляризационных характеристик излучения.

б) Резонатор нужен для создания положительной обратной связи в схеме генератора и увеличения мощности лазерного излучения.

в) Резонатор нужен для создания положительной обратной связи в схеме генератора и уменьшения потерь в активной среде.

г) Резонатор нужен для создания положительной обратной связи в схеме генератора и увеличения степени линейной поляризации лазерного излучения.

Верный ответ: а) Резонатор нужен для создания положительной обратной связи в схеме генератора и формирования требуемых пространственных, частотных и поляризационных характеристик излучения.

5. Какой вид имеет спектр собственных частот резонатора?

Ответы:

а) Для определённой поперечной моды спектр собственных частот резонатора имеет вид линий, эквидистантно расположенных на шкале частот.

б) Спектр собственных частот резонатора имеет вид линий, эквидистантно расположенных на шкале частот.

в) Спектр собственных частот резонатора имеет вид линий, расположенных определённым образом на шкале частот.

г) Спектр собственных частот резонатора представляет собой группу линий разной ширины.

Верный ответ: а) Для определённой поперечной моды спектр собственных частот резонатора имеет вид линий, эквидистантно расположенных на шкале частот.

6. Назовите основные типы газовых лазеров?

Ответы:

а) Основными типами газовых лазеров являются лазеры на самоограниченных переходах и рекомбинационные лазеры.

б) Основными типами газовых лазеров являются газоразрядные и газодинамические лазеры.

в) Основными типами газовых лазеров являются атомарные, ионные и молекулярные лазеры.

г) Основными типами газовых лазеров являются отпаянные лазеры, лазеры с медленной прокачкой и лазеры с быстрой прокачкой.

Верный ответ: в) Основными типами газовых лазеров являются атомарные, ионные и молекулярные лазеры.

7. По какой схеме работает рубиновый лазер?

Ответы:

а) Рубиновый лазер работает по четырёхуровневой схеме.

б) Рубиновый лазер работает по трёхуровневой схеме.

в) Рубиновый лазер может работать и по трёхуровневой и по четырёхуровневой схеме.



г) Рубиновый лазер работает по многоуровневой схеме, так как при создании инверсии используются несколько полос поглощения энергии излучения оптической накачки.

Верный ответ: б) Рубиновый лазер работает по трёхуровневой схеме.

8. Назовите характерные значения длины волны излучения гелий-неонового лазера

Ответы:

а) 0,4328 мкм; 1,15 мкм; 10,6 мкм.

б) 1,06 мкм; 0,53 мкм; 10,6 мкм.

в) 0,6328 мкм; 1,15 мкм; 3,39 мкм.

г) 1,15 мкм; 3,39 мкм; 10,6 мкм.

Верный ответ: в) 0,6328 мкм; 1,15 мкм; 3,39 мкм.

9. Какие мощности излучения в непрерывном режиме достигнуты в промышленно изготавливаемых гелий-неоновых лазерах?

Ответы:

а) До 1 Вт.

б) В многомодовых лазерах до 100 мВт; в одномодовых лазерах – до 55 мВт; в одночастотных лазерах – до 1,5 мВт.

в) До 2 Вт.

г) До 100 мВт.

Верный ответ: б) В многомодовых лазерах до 100 мВт; в одномодовых лазерах – до 55 мВт; в одночастотных лазерах – до 1,5 мВт.

10. Почему частота следования импульсов генерации неодимовых лазеров на иттрий-алюминиевом гранате на несколько порядков больше частоты следования импульсов генерации неодимовых лазеров на стекле?

Ответы:

а) Потому что меньшая часть излучения лампы накачки доходит до внутренней части стеклянной матрицы активного элемента неодимового лазера на стекле.

б) Потому что диаметр стеклянного активного элемента примерно на порядок больше диаметра активного элемента, выполненного на базе ИАГ.

в) Потому что теплопроводность стекла значительно меньше теплопроводности иттрий-алюминиевого граната ИАГ, и это затрудняет теплоотвод из объёма активного элемента к его охлаждаемой поверхности.

г) Потому что диаметр активного элемента лазера на стекле намного превышает диаметр активного элемента лазера на ИАГ и это определяет большие потери излучения в неодимовом лазере на стекле.

Верный ответ: в) Потому что теплопроводность стекла значительно меньше теплопроводности иттрий-алюминиевого граната ИАГ, и это затрудняет теплоотвод из объёма активного элемента к его охлаждаемой поверхности.

11. От чего зависит естественная ширина спектральной линии?

Ответы:

а) Естественная ширина спектральной линии зависит от амплитуды колебаний излучающей частицы.

б) Естественная ширина спектральной линии зависит от скорости вращения излучающей частицы.

в) Естественная ширина спектральной линии зависит от скорости движения излучающей частицы.

г) Естественная ширина спектральной линии зависит от времени жизни комбинирующих уровней.

Верный ответ: г) Естественная ширина спектральной линии зависит от времени жизни комбинирующих уровней.

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

## ***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.