

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В. П. Грязева
Кафедра «Приборы управления»

Утверждено на заседании кафедры
«Приборы управления»
«22» января 2024 г., протокол №1
Заведующий кафедрой


В.В.Матвеев

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ) ДЛЯ
ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЮ**

«Лазерная техника»

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки

12.03.03«Фотоника и оптоинформатика»

с направленностью (профилем)

«Интеллектуальные фотонные системы»

Форма обучения: очная

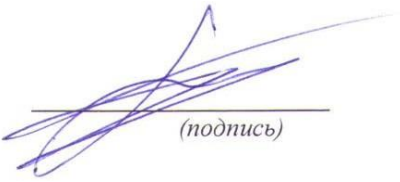
Идентификационный номер образовательной программы: 120303-01-24

Тула 2024 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
фонда оценочных средств (оценочных материалов)

Разработчик(и):

Погорелов М.Г., доцент, к.т.н., _____
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



_____ (подпись)

1. Описание фонда оценочных средств (оценочных материалов)

Фонд оценочных средств (оценочные материалы) включает в себя контрольные задания и (или) вопросы, которые могут быть предложены обучающемуся в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю). Указанные контрольные задания и (или) вопросы позволяют оценить достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), установленных в соответствующей рабочей программе дисциплины (модуля), а также сформированность компетенций, установленных в соответствующей общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

2. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень контрольных заданий и(или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-3 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-3.1)

1. Чему равен определитель матрицы преобразования лучей оптической системы?
 - а) единице; +
 - б) заднему фокусному расстоянию;
 - в) оптической силе системы;
 - г) нулю.

2. Чему равно произведение прямой и обратной матриц преобразования лучей оптической системы?
 - а) матрице преобразования плоского зеркала;+
 - б) единице;
 - в) оптической силе системы;
 - г) нулю.

3. Элементы матрицы преобразования лучей равны A,B,C,D. Чему равны соответствующие элементы обратной матрицы преобразования лучей?
 - а) D,-B,-C,A;+
 - б) A,-B,-C,D;
 - в) B, -C,-D,A;
 - г) D,-C,-B,A.

4. Определите длительность импульса излучения Nd:YAG-лазера, описанного в предыдущей задаче, если коэффициент отражения выходного зеркала составляет 90% при: а) модуляции добротности; б) разгрузке резонатора.

5. Определите минимальную длительность импульса He-Ne-лазера с шириной полосы 1,5 ГГц.

6. Интенсивность насыщения лазера из предыдущей задачи составляет 100 кВт/см². Какова интенсивность выходного излучения такого лазера, если выходная мощность максимальна?

7. Покажите, что каждый импульс в режиме синхронизации мод имеет интенсивность в n раз большую, чем сумма отдельных мод, составляющих его.

8. He-Ne-лазер излучает на длине волны 632,8 нм. Какова минимальная длительность импульса в режимах модуляции добротности и синхронизации мод?

9. Покажите, что средняя интенсивность режима синхронизации мод эквивалентна сумме интенсивностей отдельных мод, составляющих его.

10. Определите длительность импульса в режиме модуляции добротности для лазера из предыдущей задачи, если длина усиливающей среды 10 см, длина резонатора 40 см, коэффициент пропускания выходного зеркала 20%. Каков промежуток между импульсами?

Перечень контрольных заданий и(или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-3 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-3.2)

1. Лазер на окиси углерода излучает на колебательно-вращательных переходах $\nu=n \rightarrow \nu=n-1$. Длина волны излучения составляет 5 мкм. Оценить частоту нулевых колебаний молекулы CO.

2. Эрбиевый лазер на фосфатном стекле излучает на переходе $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ с длиной волны 1.5 мкм. Время жизни верхнего лазерного уровня составляет $8.2 \cdot 10^{-3}$ с. Оценить сечение генерационного перехода.

3. A_{31} – вероятность перехода $3 \rightarrow 1$, A_{32} – вероятность перехода $3 \rightarrow 2$. Вычислить время жизни уровня 3.

4. Определите время прохождения излучения через резонатор длиной 40 см, заполненный активной средой Nd:YAG (показатель преломления $n = 1,8197$).

5. Полупроводниковая матрица лазерных диодов, используемая для накачки твердотельных лазеров, имеет излучающую площадку 10×40 мм². Плотность мощности ее непрерывного излучения 500 Вт/см². Определите КПД диодной матрицы накачки, если она потребляет 5 кВт электроэнергии.

6. He–Ne-лазер излучает на длине волны 633 нм с шириной полосы 0,002 нм. Определите длину когерентности. Как изменится длина когерентности, если тот же лазер будет стабилизирован по полосе частот 100 кГц?

7. Резонатор для гелий-неонового лазера, излучающего на длине волны 632,8 нм, имеет длину 50 см. Коэффициенты отражения зеркал 100 и 98%. Кроме потерь на вывод излучения из лазера, другими потерями излучения можно пренебречь. Выходная мощность лазера составляет порядка 10 МВт в одномодовом режиме. Рассчитайте, сколько фотонов распространяются по резонатору и сколько фотонов выходят из него наружу.

8. Мощный CO²-лазер имеет коэффициент усиления слабого сигнала, равный 0,0005 см⁻¹. Ширина полосы генерации составляет 1 ГГц. Активная среда заполняет все пространство между зеркалами резонатора длиной 50 см. Однозеркало — идеально отражающее. Второе имеет коэффициент потерь при отражении равный 2%. Определите коэффициент пропускания (вывода излучения наружу) этого зеркала, который обеспечит максимизацию выходной мощности лазера.

9. Твердотельный лазер генерирует нормальные импульсы длительностью 0,5 мс с 10 мДж. Какова импульсная мощность? Как повысится эта мощность в режиме с модуляцией добротности (длительность импульсов 5 нс, идеальный случай: потери отсутствуют)? Какова средняя мощность при частоте следования импульсов 100 Гц?

10. Определите минимальную длительность импульсов в режиме генерации с модулированной добротностью у двух твердотельных лазеров с резонаторами длиной 1 и 0,4 м.

Перечень контрольных заданий и(или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-3 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-3.3)

1. В лазерном резонаторе образованном двумя сферическими зеркалами с радиусами кривизны R_1 и R_2 и расположенными на расстоянии L друг от друга формируется одномодовый лазерный пучок. Вычислить размер и положение перетяжки.
2. Из оптического прибора выходит гауссов пучок диаметром d по уровню $1/e^2$ с радиусом кривизны волнового фронта R . Какой размер пучка будет наблюдаться в поле на дальности L .
3. Энергия импульса портативного лазерного целеуказателя составляет 120 мДж, частота повторений импульса 20 Гц. Система питается от батареи (24 В, 14 А). Определите эффективность работы «от розетки».
4. Определите, является ли устойчивым резонатор длиной 1 м с радиусами зеркал 30 и 45 см.
5. Газоразрядные лампы используются в качестве некогерентных источников оптической накачки твердотельных лазеров. Определите диапазон рабочих температур этих ламп, обеспечивающих λ_{\max} от 800 до 1000 нм.
6. Типовая ширина полосы генерации гелий-неонового лазера составляет порядка 1 ГГц. Природой обусловлена ширина полосы излучающих атомов порядка нескольких мегагерц. Назовите причины уширения спектральной линии. Что определяет «природную» ширину линии?
7. Лазер на парах золота имеет энергию в импульсе 2 мДж, длительность импульсов 20 нс и частоту следования импульсов 6 кГц. Рассчитать величины средней и пиковой мощности.
8. Определите выходную мощность двухваттного непрерывного лазерного излучения, прошедшего 103сантиметровую активную среду твердотельного лазера, характеризующуюся коэффициентом усиления, равным 10% на сантиметр.
9. Твердотельный лазер из предыдущей задачи имеет резонатор длиной 30 см. Какова частота следования импульсов в режиме синхронизации мод?
10. Неодимовый лазер, работающий в режиме модуляции добротности, имеет резонатор длиной 15 см, а его выходное зеркало имеет коэффициентотражения 10%. Если показатель преломления активной среды принять равным 1,8 на длине волны генерации, то какова будет ожидаемая длительность импульса?

3. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень контрольных заданий и(или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-3 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-3.1)

1. Чему равен элемент C матрицы преобразования лучей оптической системы? а) оптической силе системы;
б) произведению оптической силы системы «-1»; +
в) величине обратной оптической силе системы;
г) произведению заднего фокусного расстояния и показателя преломления.
2. Какая координата луча изменяется при его преломлении оптической поверхностью?
а) угловая; +
б) линейная;
в) относительная; г) абсолютная.

3. Матрица переноса описывает:
- распространение луча в однородной среде; +
 - распространение луча внутри произвольной оптической системы;
 - распространение луча после прохождения произвольной оптической системы; г)
- прохождение луча через идеальную центрированную оптическую систему.
4. Какому случаю соответствует единичная матрица преобразования лучей?
- отражение от плоского зеркала; +
 - распространение луча в однородной среде;
 - прохождение луча через идеальную центрированную оптическую систему;
 - преломление сферической поверхностью, единичной оптической силы.
5. Лазерный пучок имеет диаметр 2 см на дистанции 10 м от лазера и 4 см на дистанции 30 м от лазера. Определите полный угол расходимости.
6. Имеются два CO₂-лазера (10,6 мкм) с различными параметрами. Необходимо выбрать лазер, наиболее подходящий для резки металла. Первый лазер: выходная мощность — 300 Вт, характеристика качества пучка $M^2 = 1,2$. Второй лазер: выходная мощность — 400 Вт, характеристика качества пучка $M^2 = 2$. Оба лазера имеют одинаковый диаметр пучка 10 мм. Сфокусированный пучок какого лазера будет обладать большей интенсивностью?
7. Определите, какому, геометрическому или волновому, приближению соответствует резонатор длиной 1,5 м и диаметром зеркал 0,5 см, если генерация осуществляется на длине волны 780 нм.
8. Коэффициент увеличения неустойчивого резонатора равен 4. Определите радиус малого выпуклого зеркала, если радиус большого вогнутого зеркала составляет 60 см.
9. Полная расходимость излучения He–Ne-лазера на расстоянии 100 км составляет 1 мрад. Определите размер пятна.
10. Определите, при какой температуре тела длина волны $\lambda_{\text{мах}}$, на которую приходится максимум теплового излучения, достигнет ближней инфракрасной области, а именно 1000 нм.

Перечень контрольных заданий и(или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-3 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-3.2)

- Определите межмодовое расстояние (интервал между соседними частотами) плоского резонатора длиной 1 м с идеальными зеркалами ($R \approx 100\%$). Сравните его с шириной спектральной линии усиления на лазерном переходе активной среды He–Ne-лазера. Сделайте вывод о модовом составе генерируемого излучения. Определите число продольных мод.
- Для трехуровневой схемы с верхним генерационным переходом выяснить вид зависимости P_{out} от P_p при высоком уровне накачки, оценить мощность излучения P_{max} и населенности всех уровней.
- Для четырех уровней схемы выяснить вид зависимости P_{out} от P_p при высоком уровне накачки, оценить мощность излучения P_{max} и населенности всех уровней.
- Найти рекуррентную последовательность A_n – высота луча на зеркале после n -ого обхода резонатора.
- Какова энергия фотона N₂-лазера и Er:YAG-лазера ($\lambda = 337,1$ нм и $\lambda = 2,94$ мкм соответственно) в [Вт·с] и [эВ]?
- Лампа накаливания потребляет 100 Вт электроэнергии и равномерно излучает

световую мощность $P = 4$ Вт в телесном угле 4π . Рассчитайте плотность мощности [Вт/м²] в радиусе 1 м и на расстоянии 5 м. Сравните плотность мощности лампы накаливания с плотностью мощности гелий-неонового лазера 10 мВт ($\lambda = 633$ нм) с диаметром луча $d = 2$ см.

7. Лазер излучает на длине волны 750 нм с шириной полосы генерации 10 нм. Чему равна длина когерентности и время когерентности? Для какой длины волны длина когерентности удвоится при условии сохранения неизменной ширины полосы генерации $\Delta\lambda$.

8. Определите пиковую мощность Nd:YAG3 лазера, генерирующего 100-миллиджоулевые импульсы длительностью 20 нс.

9. Nd:YAG3 лазер излучает на длине волны 1064 нм. Определите минимально возможную длительность импульса при естественной ширине спектральной линии 0,1 нм.

10. Твердотельный лазер имеет ширину полосы генерации 441 ГГц. Определите теоретическое минимально возможное значение длительности импульса, достижимое в режиме синхронизации мод.

Перечень контрольных заданий и(или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-3 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-3.3)

1. Какова энергия фотона CO²-лазера и Ar (аргонового) лазеров ($\lambda = 10,6$ мкм и $\lambda = 0,488$ мкм соответственно) в [Дж] и [эВ]?

2. Известно, что поглощение и испускание фотона между двумя энергетическими уровнями имеет место при соответствии энергии фотона разнице энергий ΔE этих энергетических уровней. Докажите, что длина волны λ , заданная в нанометрах, равна отношению $1240 / \Delta E$ при ΔE , заданной в [эВ].

3. Определите коэффициент усиления для He–Ne-лазера, если за один проход 50 см его активной среды излучение было усилено в 1,41 раз.

4. После прохождения 10 см инверсно населенной среды лазера число фотонов увеличилось с 999 до 2700. Определите коэффициент усиления [м⁻¹].

5. Одно из окон прозрачности (спектральный участок с достаточно низким уровнем поглощения) воды приходится на диапазон 300–500 нм, целесообразный для использования в лазерной подводной связи. Возможным вариантом является использование полупроводникового лазера на Ga[N] структуре. Предложите еще несколько вариантов подходящих лазеров. Вычислите энергию квантов их излучения в джоулях и электронвольтах (для трех лазеров указанного спектрального диапазона).

6. Покажите, что спектр теплового излучения тела, $T = 300$ К, достигает максимума на длине волны 10 мкм. На каких частотах ν функция $\rho(\nu)$ достигает максимума?

7. Какие основные преимущества источника лазерного излучения перед источниками естественного излучения? Назовите как минимум три области применения лазеров, в которых неприменим естественный свет.

8. Определите энергию в импульсе Nd:YAG3 лазера, если его пиковая мощность достигает 10 МВт, а длительность импульсов не превышает 10 нс.

9. Определите квантовую эффективность рубинового и неодимового лазеров.

10. В режиме модуляции добротности Nd:Glass3 лазер излучает импульсы энергией 100

мДж, длительностью 50 нс. Средняя мощность излучения 2 Вт. Какова частота следования импульсов?