

**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: Твердотельная микро- и нанoeлектроника, лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Интерферометрические измерительные системы**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лапицкий К.М.
	Идентификатор	R34188c97-LapitskyKM-ff585e2b

К.М.
Лапицкий

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b

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-67f74b

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. Интерференция волн (Контрольная работа)
2. Контроль качества оптических деталей (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Расчетное задание)

Форма реализации: Устная форма

1. Моделирование и обработка интерференционных сигналов и картин (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Интерференция волн (Контрольная работа)
КМ-2 Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Расчетное задание)
КМ-3 Контроль качества оптических деталей (Контрольная работа)
КМ-4 Моделирование и обработка интерференционных сигналов и картин (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Принципы интерференционных измерений					

Принципы интерференционных измерений	+			
Интерференция волн				
Интерференция волн	+			+
Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов				
Основные типы лазерных интерферометров и методы анализа их сигналов		+		+
Применение интерферометрических методов				
Применение интерферометрических методов			+	
Вес КМ:	15	20	15	50

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: основные схемы интерференции двух волн принципы расчета сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра методы интерференционного контроля качества поверхностей оптических деталей Уметь: проводить моделирование и обработку интерференционных сигналов и картин	КМ-1 Интерференция волн (Контрольная работа) КМ-2 Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра (Расчетное задание) КМ-3 Контроль качества оптических деталей (Контрольная работа) КМ-4 Моделирование и обработка интерференционных сигналов и картин (Лабораторная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Интерференция волн

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение письменного задания на 45 минут.

Краткое содержание задания:

Связь между изменениями параметров оптической системы и интерференционной картиной

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные схемы интерференции двух волн	1. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. На какое число полос сместится интерференционная картина, если температура жидкости возрастет до 60 °С? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен $2 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. 2. В чём отличие интерференционной картины при интерференции плоских волн и гауссовых пучков по схеме ЛДА? Подтвердить ответ численным моделированием. 3. Построить интерференционные картины двух плоских волн в двумерном пространстве при следующих параметрах: отношение интенсивностей двух пучков равно 1; 1,5; 2; угол пересечения равен N градусов; длина волны $\lambda=0,63$ мкм; без шума

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Расчет сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Расчетное задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение задания на компьютере с последующим устным ответом.

Краткое содержание задания:

Произвести расчёт выходной характеристики сигнала гомодинного лазерного интерферометра перемещений или лазерного интерференционного рефрактометра

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: принципы расчета сигнала двухлучевого гомодинного интерферометра	1. Лазерная интерферометрическая система предназначена для измерения перемещения уголкового отражателя на расстояние 5 м на базе лазера (длина волны 0,6328 мкм, мощность 10 мВт, размер перетяжки 0,3 мм) при нулевой начальной скорости движения и ускорении 0,1 м/с. Чувствительность фотоприемника 0,1 А/Вт. 1) Выбрать оптическую схему интерферометра. 2) Рассчитать параметры пучков в зависимости от перемещения отражателя. 3) Построить и проанализировать зависимость фототока от времени. 4) Построить зависимость фототока от размера диафрагмы. 5) Построить зависимость фототока от размера перетяжки (мощность лазера постоянная) 2. Лазерная интерферометрическая система предназначена для измерения изменения показателя преломления газа в стеклянной кювете длиной 1 м на базе лазера (длина волны 0,6328 мкм, мощность 10 мВт, размер перетяжки 0,4 мм) в течение 100 секунд. Показатель преломления газа меняется по закону $n(t) = 4 \cdot 10^{-8} \cdot t^2 + 1,001$. Чувствительность фотоприемника 0,1 А/Вт. 1) Выбрать оптическую схему интерферометра. 2) Рассчитать параметры пучков в зависимости от изменения показателя преломления газа. 3) Построить и проанализировать зависимость фототока от времени. 4) Построить зависимость фототока от размера диафрагмы. 5) Построить зависимость фототока от размера перетяжки (мощность лазера постоянная)

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Контроль качества оптических деталей

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение письменного задания на 45 минут.

Краткое содержание задания:

Решение задач по интерференционным методам контроля качества оптических поверхностей

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы интерференционного контроля качества поверхностей оптических деталей	1. Свет с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм падает нормально на поверхность стеклянного клина. В отраженном свете расстояние между соседними темными полосами $\Delta x = 0,21$ мм. Найти угол между гранями клина. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. 2. Явление интерференции используют для измерения диаметра тонких проволок, протягивая их между двумя плоскими стеклянными пластинками так, что образуется тонкий воздушный клин. При наблюдении интерференционных полос равной толщины в отраженном свете с длиной волны $\lambda = 546$ нм расстояние между полосами $\Delta x = 2$ мм. Расстояние от линии соприкосновения пластин до проволоки $l = 7,33$ см. Найти диаметр проволоки. Какая разница в диаметрах проволок, если число интерференционных полос на один сантиметр длины клина отличается на единицу? 3. На поверхность стеклянного объектива (показатель преломления 1,5) нанесена тонкая просветляющая пленка. При какой наименьшей толщине пленки наблюдается максимальное ослабление отраженного

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	света для длины волны наилучшего видения 555 нм? Свет падает на поверхность объектива нормально. 4.Кольца Ньютона наблюдаются с помощью двух плоско-выпуклых линз, касающихся друг друга своими сферическими поверхностями. Радиусы кривизны линз $R_1 = 1$ м, $R_2 = 1,2$ м. Пространство между линзами заполнено водой (показатель преломления $n = 1,33$). Найти расстояние между четвёртым и девятым тёмными кольцами в отражённом свете с длиной волны $\lambda = 625$ нм.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Моделирование и обработка интерференционных сигналов и картин

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Подготовка ответа на вопрос с последующим устным ответом.

Краткое содержание задания:

Дать ответ на вопрос и выполнить практическое задание

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить моделирование и обработку интерференционных сигналов и картин	1. При каких условиях будет наблюдаться интерференция от двух гауссовых пучков, распространяющихся параллельно друг другу? 2. При каком соотношении интенсивностей двух плоских волн видимость при их интерференции равна 0,01? 3. Основные параметры сигнала ЛДВ. Изменение формы

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	сигнала при варьировании каждого из параметров 4.Влияние мультипликативных и аддитивных шумов сигнала на погрешность определения амплитуды виброколебаний. Смоделировать сигнал лазерного доплеровского виброметра: амплитуда вибраций 10 мкм, частота сигнала 1 кГц, мультипликативный шум 10%, аддитивный шум 3%. Провести обработку сигнала, получить значение амплитуды колебаний и сравнить с заданным значением 5.Смоделировать сигнал лазерного доплеровского виброметра: амплитуда вибраций 2 мкм, частота сигнала 5 кГц, мультипликативный шум 3%, аддитивный шум 10%. Провести обработку сигнала, получить значение амплитуды колебаний и сравнить с заданным значением 6.Какие методы фильтрации применяются при обработке интерференционных картин с аддитивным и мультипликативным шумом? 7.Назовите условия наблюдения интерференционной картины. Что такое длина когерентности, время когерентности, ширина спектральной линии? 8.Нарисуйте схему и объясните принцип работы интерферометра Майкельсона. Что с помощью него можно измерить?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Основные схемы интерференции плоских и сферических волн. Схема Майкельсона. Параметры интерференционной картины.
2. Интерференционные зеркала.
3. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. Как изменятся показания рефрактометра, если температура жидкости возрастет до 60 °С? На какое число полос сместится интерференционная картина? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен $-2 \cdot 10^{-5}(\text{C})$.

Процедура проведения

Устная форма

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. Интерференция сферических волн по схеме Юнга. Параметры интерференционной картины
2. Интерференция плоских волн по схеме ЛДА. Параметры интерференционной картины
3. Гомодинный интерферометр по схеме Майкельсона. Оптическая схема. Общий вид выходной характеристики
4. Гомодинный интерферометр по схеме Маха-Цендера. Оптическая схема. Общий вид выходной характеристики
5. Интерференционные зеркала. Принцип работы
6. В гомодинном интерферометре Майкельсона при перемещении одного из зеркал интерференционная картина сдвинулась на 100 полос. Длина волны лазерного излучения в воздухе 0,63 мкм. Какова величина фазового сдвига между интерферирующими пучками? На какое расстояние переместилось зеркало? (Примечание: считать величину $2\pi \approx 6,3$).
7. Два плоских пучка пересекаются под углом 60°. Построить график зависимости периода интерференционной картины от длины волны в диапазоне от 0,5 мкм до 5 мкм. Что произойдет с графиком, если угол сведения пучков уменьшить до 30°?
8. В гомодинном интерферометре зеркало сначала перемещается на 1,00 м. Длина волны лазерного излучения 1 мкм. Как будут изменяться показания интерферометра? На какое число полос сместится интерференционная картина при движении зеркала?
9. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной 1,0 м. Длина волны в лазере в вакууме составляет 0,5 мкм. Показатель преломления жидкости равен 1,35 при температуре 20 °С. Как изменятся показания рефрактометра, если температура жидкости возрастет до 60 °С? На какое число полос сместится интерференционная

картина? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен $-2 \cdot 10^{-5}(\text{C})$.

10. Определить максимальное и минимальное значение интенсивности в интерференционной картине от двух волн, а также видность интерференционной картины, если известны интенсивности волн: 1 Вт/м^2 и 4 Вт/м^2 .

Материалы для проверки остаточных знаний

1. На пути излучения с длиной волны 1 мкм установили стеклянную пластинку толщиной 1 мм с показателем преломления $1,5$. Какова величина внесённой оптической разности хода?

Ответы:

1) $0,5 \text{ мм}$; 2) $0,5 \text{ мкм}$; 3) 1 мм ; 4) 1 мкм

Верный ответ: 1

2. Интенсивности двух интерферирующих пучков равны соответственно 1 Вт/м^2 и 4 Вт/м^2 . Какова видность интерференционной картины?

Ответы:

1) $0,25$; 2) $0,6$; 3) $0,8$; 4) 1

Верный ответ: 3

3. В лазерном рефрактометре используется кювета с жидкостью длиной $1,0 \text{ м}$. Длина волны в лазере в вакууме составляет $0,5 \text{ мкм}$. Показатель преломления жидкости равен $1,35$ при температуре 20°C . На какое число полос сместится интерференционная картина, если температура жидкости возрастет до 60°C ? Температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен $-2 \cdot 10^{-5}(\text{C})$.

Ответы:

1) 16000 ; 2) 160 ; 3) $0,16$; 4) 16

Верный ответ: 1

4. Две плоские волны пересекаются под углом 60° . Длина волны излучения $0,5 \text{ мкм}$. Каков период интерференционной картины в микрометрах?

Ответы:

1) $0,25$; 2) $0,5$; 3) 1 ; 4) 2

Верный ответ: 2

5. В гомодинном интерферометре зеркало переместилось на $1,00 \text{ м}$. Длина волны лазерного излучения $0,5 \text{ мкм}$. На какое число полос сместилась интерференционная картина в процессе перемещения зеркала?

Ответы:

1) 4000 ; 2) 2000 ; 3) 40 ; 4) 20

Верный ответ: 1

6. В гомодинном интерферометре перемещений лазер с излучением красного цвета заменили на лазер с излучением зеленого цвета. Будет ли различие в количестве полос, на которое сместится интерференционная картина, если отражатель в обоих случаях переместился на одно и то же расстояние?

Ответы:

1) в случае использования излучения зеленого цвета количество прошедших полос будет меньше; 2) в случае использования излучения зеленого цвета количество прошедших полос будет больше; 3) различий в количестве прошедших полос не будет; 4) данных для ответа недостаточно

Верный ответ: 2

7. Излучение с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$ переходит из вакуума в стекло с показателем преломления $1,5$. Каково значение длины волны излучения в стекле?

Ответы:

1) $0,4 \text{ мкм}$; 2) $0,9 \text{ мкм}$; 3) $0,6 \text{ мкм}$; 4) $2,1 \text{ мкм}$

Верный ответ: 1

8.Излучение с длиной волны 0,6 мкм переходит из вакуума в стекло с показателем преломления 1,5. Каково отношение скорости излучения в стекле к скорости света в вакууме?

Ответы:

1) 1; 2) 1,5; 3) 0,67 мкм; 4) 0,5 мкм

Верный ответ: 4

9.В интерферометре Майкельсона на пути излучения в опорном плече установили стеклянную пластинку так, что излучение проходит через неё дважды. Толщина пластинки $\frac{\lambda}{4}$. На какую долю интерференционной полосы сместится интерференционная картина в плоскости регистрации?

Ответы:

1) 1; 2) 0,5; 3) 0,25; 4) интерференционная картина не сместится

Верный ответ: 2

10.В интерферометре Маха-Цендера лазер с излучением красного цвета заменили на лазер с излучением зеленого цвета. Будет ли различие в количестве полос, наблюдаемых в плоскости регистрации?

Ответы:

1) количество полос будет одинаковым; 2) количество полос будет больше в случае лазера красного цвета; 3) количество полос будет больше в случае лазера зеленого цвета; 4) данных для ответа недостаточно

Верный ответ: 3

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: 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 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: 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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы

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.