

**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: Светотехника и источники света

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Светоизлучающие диоды**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Туркин А.Н.
	Идентификатор	R766ebd66-TurkinAN-98474307

А.Н. Туркин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Григорьев А.А.
	Идентификатор	R28090f70-GrigoryevAA-7e2fdc05

А.А.
Григорьев

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Боос Г.В.
	Идентификатор	R4494501d-BoosGeorV-031c67c1

Г.В. Боос

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 проектирование, расчёты и конструирование, измерение параметров светотехнического оборудования, осваивать теоретическую и прикладную фотометрию

ИД-4 Владеет навыками проектирования и расчета составных частей светового прибора – источников излучения и пускорегулирующих аппаратов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Вывод излучения из светодиодных кристаллов (Контрольная работа)
2. Основы физики полупроводников. Оптические свойства светодиодов (Контрольная работа)
3. Характеристики светодиодов. Применение светодиодов в светотехнике (Контрольная работа)
4. Электрические свойства светодиодов. Влияние температуры на параметры светодиодов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основы физики полупроводников. Оптические свойства светодиодов (Контрольная работа)
- КМ-2 Электрические свойства светодиодов. Влияние температуры на параметры светодиодов (Контрольная работа)
- КМ-3 Вывод излучения из светодиодных кристаллов (Контрольная работа)
- КМ-4 Характеристики светодиодов. Применение светодиодов в светотехнике (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Основы физики полупроводников					

История развития технологии полупроводниковых светодиодов. Основы физики полупроводников, типы проводимости.	+			
Полупроводниковый р-п переход, принципы работы светодиодов. Рекомбинация носителей в полупроводниках. Излучательная рекомбинация, безызлучательная рекомбинация.	+			
Оптические характеристики светодиодов.				
Оптические характеристики светодиодов. Спектр излучения.	+			
Угол вывода излучения. Пространственное распределение излучения. Кривая светораспределения. Ламбертовское распределение излучения.	+			
Корпуса светодиодов из прозрачных материалов. Температурная зависимость интенсивности излучения.	+			
Электрические свойства светодиодов.				
Электрические свойства светодиодов. Вольтамперная характеристика (ВАХ). Отклонения от идеальных ВАХ. Паразитные сопротивления. Влияние гетеропереходов на сопротивление устройств.		+		
Потери носителей в двойных гетероструктурах. Избыточная концентрация носителей в активной области двойных гетероструктур. Ограничивающие слои. Напряжение на диоде.		+		
Влияние температуры на параметры светодиодов				
Температура р-п перехода. Влияние температуры активной области кристалла на параметры светодиода. Определение температуры носителей по наклону спектральной характеристики в области высоких энергий.		+		
Зависимость длины волны в максимуме спектра излучения от температуры р-п перехода. Определение температуры р-п перехода по положению максимума спектра излучения.		+		
Вывод излучения из светодиодных кристаллов				
Вывод излучения из светодиодных кристаллов. Структуры с высоким коэффициентом вывода излучения. Поглощение полупроводниками излучения с энергией кванта меньше ширины запрещенной зоны. Двойные гетероструктуры. Светодиоды с кристаллами разной геометрии.			+	
Применение текстурированной поверхности. Применение контактов разной геометрической формы. Технология выращивания светодиодных кристаллов на прозрачных подложках. Метод перевернутого монтажа кристаллов.			+	
Характеристики светодиодов				
Динамические характеристики светодиодов. Время нарастания и спада сигналов, полоса пропускания в теории линейных цепей. Время нарастания и спада оптического сигнала при большой емкости светодиодов. Время нарастания и спада оптических сигналов при малой емкости светодиодов.				+
Зависимость напряжения от времени спада и нарастания оптических сигналов. Уход носителей из активной области. Формирование тока.				+

Применение светодиодов в освещении				
Светодиоды разных областей спектра свечения				+
Применение светодиодов в осветительных приборах и системах освещения.				+
Вес КМ:	25	25	25	25

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-4ПК-1 Владеет навыками проектирования и расчета составных частей светового прибора – источников излучения и пускорегулирующих аппаратов	Знать: основные принципы работы со светодиодными источниками света и осветительными приборами на их основе физические основы работы светодиодов Уметь: дать объяснение механизмам излучения в полупроводниковых светодиодах проводить исследования светодиодных источников света осветительных приборов на их основе	КМ-1 Основы физики полупроводников. Оптические свойства светодиодов (Контрольная работа) КМ-2 Электрические свойства светодиодов. Влияние температуры на параметры светодиодов (Контрольная работа) КМ-3 Вывод излучения из светодиодных кристаллов (Контрольная работа) КМ-4 Характеристики светодиодов. Применение светодиодов в светотехнике (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Основы физики полупроводников. Оптические свойства светодиодов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальное задание, письменно выполняют работу во время практического занятия.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа по теме “Основы физики полупроводников. Оптические свойства светодиодов”

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физические основы работы светодиодов	1. Чем определяется энергия фотонов, излучаемых полупроводниковым кристаллом? 2. Что такое внутренний квантовый выход излучения? 3. Что такое коэффициент оптического вывода излучения? 4. Что такое внешний квантовый выход излучения? 5. Рассчитать критические углы полного внутреннего отражения для светодиодов на основе GaAs, GaN и полимерного материала, показатели преломления соответственно равны 3,4; 2,5 и 1,5. Определить долю света, выходящего за пределы кристаллов указанных материалов. Отражением света на границе полимер-воздух пренебречь.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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. Электрические свойства светодиодов. Влияние температуры на параметры светодиодов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальное задание, письменно выполняют работу во время практического занятия.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа на тему "Оптические свойства светодиодов"

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: дать объяснение механизмам излучения в полупроводниковых светодиодах	1. Что такое коэффициент полезного действия (КПД) светодиода? 2. Какие бывают "паразитные" сопротивления светодиода, как она влияют на вольтамперную характеристику (ВАХ)? 3. Даны два светодиода на основе InGaN со следующими параметрами: 1) $V_1 = 3,2 \text{ В}$; $V_2 = 2,5 \text{ В}$; $V_3 = 2,3 \text{ В}$; $I_s = 0,8 \text{ мкА}$ 2) $V_1 = 3,4 \text{ В}$; $V_2 = 2,0 \text{ В}$; $V_3 = 1,8 \text{ В}$; $I_s = 0,8 \text{ мкА}$ Какой из данных двух диодов обладает лучшими характеристиками? Длина волны излучения у светодиодов одинаковая. 4. Описать методы определения температуры активной области кристалла светодиода.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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. Вывод излучения из светодиодных кристаллов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальное задание, письменно выполняют работу во время практического занятия.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа на тему “Светодиоды разных типов и спектральных областей”

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить исследования светодиодных источников света осветительных приборов на их основе	1. Может ли полупроводниковый кристалл излучать фотоны с энергией меньше энергии запрещенной зоны? 2. Какие существуют методы увеличения коэффициента оптического вывода излучения? 3. Оценить, как изменится доля выходящего света по сравнению с выводом в воздух (показатель преломления равен 1), если кристалл GaAs с показателем преломления 3,4 поместить в корпус, герметизированный полимерным оптическим гелем с показателем преломления 1,5. Отражением света на границе пренебречь. 4. Объяснить физический смысл формирования в структуре слоя растекания тока (оконного слоя).

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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. Характеристики светодиодов. Применение светодиодов в светотехнике

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают индивидуальное задание, письменно выполняют работу во время практического занятия.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа на тему “Применение светодиодов в светотехнике”

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные принципы работы со светодиодными источниками света и осветительными приборами на их основе	1.Что такое световая отдача светодиодного источника света? 2.Чем обусловлено снижение оптической мощности светодиода с ростом температуры активной области кристалла? 3.Как осуществляется преобразование длины волны источника излучения на основе светодиодов? 4.Используя выражение для передаточной функции светодиода, найти ширину полосы пропускания светодиода $\Delta f = f_{3дБ}$. Определить полосу пропускания светодиода со временем нарастания сигнала 1,75 нс.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Процедура проведения

Зачет выставляется по совокупности результатов оценок за семестр.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-1 Владеет навыками проектирования и расчета составных частей светового прибора – источников излучения и пускорегулирующих аппаратов

Вопросы, задания

1. Рассчитать критические углы полного внутреннего отражения для светодиодов на основе GaAs, GaN и полимерного материала, показатели преломления соответственно равны 3,4; 2,5 и 1,5. Определить долю света, выходящего за пределы кристаллов указанных материалов. Отражением света на границе полимер-воздух пренебречь.
2. Что такое внутренний квантовый выход излучения?
3. Что такое коэффициент оптического вывода излучения?
4. Что такое коэффициент оптического вывода излучения?
5. Даны два светодиода на основе InGaN со следующими параметрами:
 - 1) $V_1 = 3,2 \text{ В}$; $V_2 = 2,5 \text{ В}$; $V_3 = 2,3 \text{ В}$; $I_s = 0,8 \text{ мА}$
 - 2) $V_1 = 3,4 \text{ В}$; $V_2 = 2,0 \text{ В}$; $V_3 = 1,8 \text{ В}$; $I_s = 0,8 \text{ мА}$Какой из данных двух диодов обладает лучшими характеристиками? Длина волны излучения у светодиодов одинаковая.
6. Какие бывают “паразитные” сопротивления светодиода, как они влияют на вольтамперную характеристику (ВАХ)?
7. Описать методы определения температуры активной области кристалла светодиода.
8. Может ли полупроводниковый кристалл излучать фотоны с энергией меньше энергии запрещенной зоны?
9. Какие существуют методы увеличения коэффициента оптического вывода излучения?
10. Объяснить физический смысл формирования в структуре слоя растекания тока (оконного слоя).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чем определяется энергия фотонов, излучаемых полупроводниковым кристаллом?
2. Что такое коэффициент полезного действия (КПД) светодиода?
3. Как осуществляется преобразование длины волны источника излучения на основе светодиодов?
4. Чем обусловлено снижение оптической мощности светодиода с ростом температуры активной области кристалла?
5. Что такое световая отдача светодиодного источника света?

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания:

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу