

**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**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Оптоэлектроника**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf84

И.Н.  
Мирошникова  
(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы  
(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д. Баринов  
(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры  
(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf84

И.Н.  
Мирошникова  
(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 участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Входной контроль знаний по теме источники излучения (Контрольная работа)
2. Итоговая контрольная работа за 1 семестр (Контрольная работа)
3. Итоговая контрольная работа за 2 семестр (Контрольная работа)
4. Проверочная работа по теме п/п приемники излучения (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора" (Лабораторная работа)
5. Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме" (Лабораторная работа)
6. Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов" (Лабораторная работа)
7. Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе" (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	15	16
Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур						

Характеристики излучения. Оптические свойства полупроводников и их влияние на параметры фотоприемников.	+	+	+	+	+
Основные параметры и характеристики ФП					
Основные параметры и характеристики ФП.	+	+	+	+	+
Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные.					
Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения.	+	+	+	+	+
Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.	+	+	+	+	+
Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.	+	+	+	+	+
Основы теории шумов ФР.	+	+	+	+	+
Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами					
Фотодиод (ФД) на основе рп-перехода.	+	+	+	+	+
Элементы конструкция фотоприемников.					
Материалы для оптических окон, оптические фильтры.	+	+	+	+	+
Системы охлаждения.	+	+	+	+	+
Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС					
Приборы с зарядовой связью.	+	+	+	+	+
Болометрические элементы.	+	+	+	+	+
Матричные ФПУ.	+	+	+	+	+
Вес КМ:	10	15	20	20	35

## 2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12
	Срок КМ:	4	6	10	12	14	15
Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств							
Физические основы электромагнитного излучения.	+	+	+	+	+	+	+
Когерентное излучение.	+	+	+	+	+	+	+
Люминесценция полупроводников.							
Физические основы люминесценции.	+	+	+	+	+	+	+

Электролюминесценция	+	+	+	+	+	+
Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).	+	+	+	+	+	+
Светодиоды и оптроны						
Светодиоды	+	+	+	+	+	+
Оптоны и оптоэлектронные схемы.	+	+	+	+	+	+
Полупроводниковые лазеры						
Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.	+	+	+	+	+	+
Лазеры на основе монопереходах.	+	+	+	+	+	+
Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.	+	+	+	+	+	+
Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.	+	+	+	+	+	+
Оптические модуляторы и дефлекторы						
Управление параметрами излучения.	+	+	+	+	+	+
Оптические модуляторы и дефлекторы.	+	+	+	+	+	+
Устройства и элементы современной интегральной оптики						
Устройства оптической памяти.	+	+	+	+	+	+
Устройства и элементы интегральной оптики.	+	+	+	+	+	+
Вес КМ:	10	15	15	15	15	30

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

### БРС курсовой работы/проекта

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	6	10	15
Темновые характеристики		+		
Световые характеристики			+	
Спектральные характеристики				+
Вес КМ:		20	40	40

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3

	Срок КМ:	6	10	15
Темновые характеристики		+		
Световые характеристики			+	
Спектральные характеристики				+
Вес КМ:		20	40	40

## 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> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники	<p>Знать:</p> <p>основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы</p> <p>основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы</p> <p>Уметь:</p> <p>проектировать фоторезисторы для различных диапазонов длин волн, рассчитывать их параметры и моделировать их работу</p>	<p>Проверочная работа по теме п/п приемники излучения (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов" (Лабораторная работа)</p> <p>Итоговая контрольная работа за 1 семестр (Контрольная работа)</p> <p>Входной контроль знаний по теме источники излучения (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора" (Лабораторная работа)</p> <p>Итоговая контрольная работа за 2 семестр (Контрольная работа)</p>

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

### 1 семестр

#### КМ-1. Проверочная работа по теме п/п приемники излучения

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдается индивидуальный вариант контрольной работы, содержащий 4-5 вопроса для письменного ответа. Время на ответ 45 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Проверка знаний студентов основных параметров и определений связанных с разделом Оптоэлектроники - полупроводниковые приёмники излучения.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы	1. Что изучает Оптоэлектроника? 2. В чем различия между потоком радиометрическим и световым потоком. 3. Что такое «ограничение фоном»? 4. Спектр поглощения реального и идеального приемника. Чем определяются различия в коротковолновой области?
---	---

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

#### **КМ-2. Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной

подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы. "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов".

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы	1. Принцип действия собственного фоторезистора? 2. Принцип действия примесного фоторезистора? 3. Принцип действия фотодиода? Температурные ограничения работы ФД?
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-3. Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы. "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме".

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы	1. Каким выражением описывается поток АЧТ в общем случае и в данной работе? С чем связаны различия данных формул? 2. Как и почему зависит чувствительность от частоты подаваемого сигнала на ФР? 3. Как и почему зависит обнаружительная способность от частоты подаваемого сигнала на ФР?
---	--

	<p>4.Как и почему зависит чувствительность от напряжения смещения, подаваемого на ФР?</p> <p>5.Как и почему зависит обнаружительная способность от напряжения смещения, подаваемого на ФР?</p> <p>6.Как и почему зависит обнаружительная способность от напряжения смещения, подаваемого на ФР?</p>
<p>Уметь: проектировать фоторезисторы для различных диапазонов длин волн, рассчитывать их параметры и моделировать их работу</p>	<p>1.Составьте схему измерений ФР? Зачем нужен модулятор в ней?</p> <p>2.Выберите нужный ФР на заданный диапазон излучения.</p>

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

#### **КМ-4. Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

#### **Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов"

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы</p>	<p>1.Спектр поглощение реального и идеального фотоприемника. В чем различия?</p> <p>2.Как из спектра поглощения определить материал фотоприемника?</p> <p>3.Как на спектр поглощения влияет толщина фотоприемника?</p> <p>4.Как на спектр поглощения влияет тип источника</p>
--	---

	излучения?
Уметь: проектировать фоторезисторы для различных диапазонов длин волн, рассчитывать их параметры и моделировать их работу	1.Перестройте световую характеристику в ЛАХ.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-5. Итоговая контрольная работа за 1 семестр**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдается индивидуальный вариант контрольной работы, содержащий 5 вопросов для письменного ответа. Время на ответ 2 академических часа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа по всем разделам, изучаемых в первом семестре курса Оптоэлектроника.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напишите полупроводниковые материалы, применяемые в диапазоне 0,2-1 мкм.</li> <li>2. Что такое поверхностная рекомбинация? На каких длин волн она оказывает максимальное влияние на спектральную характеристику и почему?</li> <li>3. Напишите выражение для токовой чувствительности и поясните измеряемые значения. Напишите размерность</li> <li>4. Опишите особенности работы болометрических элементов, относительно ФРов</li> <li>5. Напишите выражение для удельной обнаружительной способности. Напишите ее размерность</li> <li>6. В чем особенность СФР на основе КРТ?</li> <li>7. Почему <math>D^* \Phi_D</math> больше, чем у ФР?</li> <li>8. Из чего состоит ФПУ? Для какой задачи</li> </ol>
---	--

	<p>используются фильтры в ФПУ?</p> <p>9.Какие способы охлаждения Вы знаете? Предложите вариант охлаждения до температур 100К.</p> <p>10.Нарисуйте зависимость генерационно-рекомбинационного шума СФР от частоты. В каком диапазоне частот он актуален?</p> <p>11.В чем особенность ФЧЭ на основе антимоноида индия?</p> <p>12.Нарисуйте ЛАХ ФР. Почему важен диапазон линейности ЛАХ ФР?</p>
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

#### 2 семестр

#### КМ-7. Входной контроль знаний по теме источники излучения

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдается индивидуальный вариант контрольной работы, содержащий 4-5 вопроса для письменного ответа. Время на ответ 45 минут.

#### Краткое содержание задания:

Проверка знаний студентов основных параметров и определений связанных с разделом Оптоэлектроники - источники излучения.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Перечислите основные особенности передачи информации по оптическим связям.</li> <li>2.Чем отличается кривая спектральной зависимости фотометрического эквивалента излучения дневного и ночного зрения? Где они используются?</li> <li>3.Проиллюстрируйте прохождение волны по световоду. Благодаря каким законам оно осуществляется?</li> <li>4.В чем особенность поглощения фотонов сильнолегированного полупроводника?</li> </ol>
---	--

	<p>5. Почему в оптоэлектронике используются величины фотометрии и радиометрии?</p> <p>6. Какие основные виды люминесценции актуальны для п/п источников излучения?</p> <p>7. Что такое поляризация света? Какие типы поляризации бывают?</p> <p>8. Проиллюстрируйте сложение двух волн с разными частотами и амплитудами.</p> <p>9. Почему для фотонов справедливы законы эл/м волны?</p> <p>10. Почему при работе описания источников излучения актуальны телесные углы?</p> <p>11. Как происходит сложение 3 волн с различной амплитудой?</p> <p>12. Как описывается коэффициент поглощения для фотона с заданной энергией для прямых переходов?</p> <p>13. Опишите взаимосвязь мощности потока радиометрической и светового потока.</p> <p>14. Опишите второй закон Кирхгофа для излучения.</p> <p>15. В чем особенность наличия многослойного оптически прозрачного покрытия у материала?</p> <p>16. От чего зависит коэффициент поглощения для фотона с заданной энергией для непрямых переходов?</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-8. Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе".

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принцип работы ЭЛК.</li> <li>2. Какие типы ЭЛК вы знаете? В чем их отличия.</li> <li>3. Чем определяется выбор типа напряжения используемого в работе.</li> </ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

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

*Оценка: 4*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-9. Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода"

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем определяется спектр излучения светодиода?</li> <li>2. Первое лазерное условие.</li> <li>3. Принцип действия светодиодов</li> </ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

### **КМ-10. Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме"

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	1. Чем определяется выбор элементов оптрона? 2. От чего зависит быстродействие оптрона? 3. Чем определяются рабочие параметры устройства?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

### **КМ-11. Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 1. Студент показывает оформленный отчет по выполненной лабораторной работе; 2. Если отчет выполнен неверно - исправляет свои ошибки, если выполнен верно - получает 1-2 вопроса для защиты; 3. После 10 минутной подготовки студент начинает отвечать на вопрос, во время подготовки разрешено пользоваться отчетом по работе и собственным рукописным конспектом лекций.

**Краткое содержание задания:**

Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора"

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принцип действия акустооптического дефлектора</li> <li>2. Как определяется угол Брэгга?</li> <li>3. Какие виды дифракции вы знаете?</li> </ol>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-12. Итоговая контрольная работа за 2 семестр**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдается индивидуальный вариант контрольной работы, содержащий 5 вопросов для письменного ответа. Время на ответ 2 академических часа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа по всем разделам, изучаемых во втором семестре курса Оптоэлектроника.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Почему в оптоэлектронике часто используют понятие телесного угла?</li> <li>2. Что такое квантовый выход светодиода?</li> <li>3. Что такое пороговая плотность тока в лазере? Почему оно важно?</li> <li>4. Применения лазера: чем принципиально отличается технологии CD, DVD и Blu-Ray Disk (BD)?</li> <li>5. Какое излучение может считаться</li> </ol>
--	---

	<p>поляризованным?</p> <p>6.Какие типы люминесценции вы знаете? Опишите особенность одной из них.</p> <p>7.Спектральная характеристика светодиода. Как она отличается от спектральной характеристики фоторезистора на основе того же материала?</p> <p>8.Нарисуйте зонную диаграмму для двойного гетероперехода. Чем такая система выгодней одиночного гетероперехода?</p> <p>9.Что такое фотометрическая яркость? В чем измеряется?</p> <p>10.Что такое катодлюминесценция? Чем она отличается от других типов?</p> <p>11.С чем связано необходимость прикладывать к ЭЛК большое напряжение? Нарисуйте ВАХ ЭЛК.</p> <p>12.Принцип работы порошкового ЭЛК.</p> <p>13.Принцип работы пленочного ЭЛК.</p> <p>14.Чем определяется диаграмма направленности светодиода?</p> <p>15.Какие способы накачки вы знаете? Какие из них проще всего реализовать?</p> <p>16.Напишите требования первого лазерного условия.</p> <p>17.Напишите требования второго лазерного условия.</p> <p>18.Для каких устройств необходима реализация всех лазерных условий? Почему?</p> <p>19.От чего зависит спектр излучения ЭЛК? Нарисуйте пару спектральных характеристик для разных ЭЛК.</p> <p>20.КПД светодиода, как определяется, от чего зависит?</p> <p>21.Что такое оптический модулятор? Сфера применения.</p> <p>22.Что такое оптический дефлектор? Сфера применения.</p> <p>23.Нарисуйте энергетическую диаграмму светодиода на квантовых ямах.</p> <p>24.Спонтанные и вынужденные переходы в п/п. В чем различия?</p> <p>25.Изобразите эквивалентную схему светодиода.</p> <p>26.Изобразите эквивалентную схему пленочного ЭЛК.</p> <p>27.Изобразите эквивалентную схему порошкового ЭЛК.</p> <p>28.Почему лавинный пробой р-п перехода может создать люминесценцию? Проиллюстрируйте.</p> <p>29.Частотно-фазовая модуляция. Реализация и применение.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*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

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75

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

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

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

## **Для курсового проекта/работы**

### **1 семестр**

#### ***I. Описание КП/КР***

Курсовая работа первого семестра направлена на моделирование фоторезистора на основе заданного материала и температуры. В качестве исходных данных каждому студенту назначается материал, его температура, эффективная площадь фоточувствительной площадки, скорость поверхностной рекомбинации и время жизни носителей зарядов. Спектр излучения источника считается близким к спектру АЧТ с определенной температурой.

#### ***II. Примеры задания и темы работы***

##### **Пример задания**

Этап I (Расчет темновых характеристик ФР)

1. Выбрать и обосновать свой выбор толщины ФР, и трех времен жизни;
2. Рассчитать темновое сопротивление ФР, построить ВАХ в диапазоне напряжений от -10В до +10В;
3. Построить распределение потока энергии и потока фотонов АЧТ при заданной температуре;
4. Построить зависимости коэффициента поглощения от энергии и длины волны падающего излучения.

Срок сдачи – 8 уч. неделя.

Этап II (Расчет световых характеристик ФР) Работаем с интегральными величинами. Определить границы длин волн в которых преобладает равномерное и неравномерное поглощение;

1. Рассчитать среднюю скорость генерации носителей для различного типа поглощения;
2. Рассчитать и построить зависимости эффективного времени жизни (для двух типов поглощения) от скорости поверхностной рекомбинации и времени жизни носителей заряда;
3. Рассчитать сопротивление ФР при наличии падающего излучения, рассчитать во сколько раз оно отличается от темнового;
4. Рассчитать и построить световую ВАХ ФР;
5. Рассчитать интегральную чувствительность.

Срок сдачи – 12 уч. неделя.

Этап III (Расчет спектральных характеристик ФР)

1. Рассчитать и построить зависимости концентрации носителей зарядов от падающего излучения;
2. Рассчитать и построить зависимости фототока от падающего излучения;

3. Рассчитать и построить зависимость токовой чувствительности от падающего излучения.

Срок сдачи до начала зачетной недели.

### **Тематика КП/КР:**

Материал - KPT ( $x=0.3$ ) (77 K)

Материал - PbS (300 K)

Материал - InSb (77 K)

Материал - Si (77 K)

Материал - Si (300 K)

Материал - Ge (77 K)

Материал - Ge (300 K)

Материал - GaAs (300 K)

Материал - PbSe (300 K)

Материал - PbTe (300 K)

### **КМ-1. Расчет темновых характеристик ФР**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

### **КМ-2. Расчет световых характеристик**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

### **КМ-3. Расчет спектральных характеристик**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **2 семестр**

### ***I. Описание КП/КР***

Курсовая работа второго семестра направлена на моделирование фотодиода на основе заданного материала и температуры. Материал, температурные условия и т.п. основываются на задании КР первого семестра.

### ***II. Примеры задания и темы работы***

Пример задания

Этап I (Расчет темновых характеристик ФД)

1. Выбрать и обосновать свой выбор толщины ФД, и трех времен жизни;
2. Рассчитать темновое сопротивление ФД, построить ВАХ в диапазоне напряжений от -4В до 1 В;
3. Построить распределение потока энергии и потока фотонов АЧТ при заданной температуре;
4. Построить зависимости коэффициента поглощения от энергии и длины волны падающего излучения.

Срок сдачи – 8 уч. неделя.

Этап II (Расчет световых характеристик ФД) Работаем с интегральными величинами. Определить границы длин волн в которых преобладает равномерное и неравномерное поглощение;

1. Рассчитать среднюю скорость генерации носителей для различного типа поглощения;
2. Рассчитать и построить зависимости эффективного времени жизни (для двух типов поглощения) от скорости поверхностной рекомбинации и времени жизни носителей заряда;
3. Рассчитать сопротивление ФД при наличии падающего излучения, рассчитать во сколько раз оно отличается от темнового;
4. Рассчитать и построить световую ВАХ ФД;
5. Рассчитать интегральную чувствительность.

Срок сдачи – 12 уч. неделя.

Этап III (Расчет спектральных характеристик ФД)

1. Рассчитать и построить зависимости концентрации носителей зарядов от падающего излучения;
2. Рассчитать и построить зависимости фототока от падающего излучения;
3. Рассчитать и построить зависимость токовой чувствительности от падающего излучения.
4. Сравнить спектральные характеристики ФД и ФР (полученные в КР за первый семестр).

Срок сдачи до начала зачетной недели.

## **Тематика КП/КР:**

Материал - KPT ( $x=0.3$ ) (77 K)

Материал - PbS (300 K)

Материал - InSb (77 K)

Материал - Si (77 K)

Материал - Si (300 K)

Материал - Ge (77 K)

Материал - Ge (300 K)

Материал - GaAs (300 K)

Материал - PbSe (300 K)

Материал - PbTe (300 K)

## **КМ-1. Расчет темновых характеристик**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **КМ-2. Расчет световых характеристик**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

## **КМ-3. Расчет спектральных характеристик**

### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Частотные характеристики фоторезисторов. Случаи линейной и квадратичной рекомбинации.
2. PIN-фотодиоды: принцип работы, энергетические диаграммы.
3. Предложите конструкцию ФПУ на УФ диапазон.

Билет состоит из 2 теоретических вопросов и одного задания.

### Процедура проведения

1. Студент, допущенный к экзамену, тянет билет, называет номер билета преподавателю. 2. Преподаватель фиксирует ФИО студента, номер билета и время начала экзамена. 3. Студент имеет право на подготовку своего ответа не менее 1 часа, при желании данное время может быть сокращено при договоренности с экзаменаторами. 4. Студент отвечает на вопросы билета в течение не больше 30 минут. При необходимости экзаменатор задает дополнительные вопросы по теме билета и всего курса.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

### Вопросы, задания

1. Основные параметры и характеристики фотоприемников.
2. Принцип работы СФР. Система измерения.
3. Спектральная чувствительность СФР
4. Равномерное поглощение в СФР.
5. Поглощение в приповерхностном слое
6. Частотные характеристики фоторезисторов. Линейная и квадратичная рекомбинации
7. Основы теории шумов фоторезисторов.
8. СФР на основе InSb, халькогенидов свинца и КРТ.
9. SPRITE-фоторезисторы.
10. Примесная фотопроводимость
11. ПФР на основе Ge: Au и др конкретные ПФР.
12. Материалы для оптических окон, оптические фильтры, системы охлаждения.
13. ФР на горячих электронах.
14. Принцип работы ФД. Энергетические диаграммы и распределение носителей.
15. Частотные и спектральные характеристики фотодиодов.
16. PIN-фотодиоды: принцип работы, энергетические диаграммы.
17. Лавинные фотодиоды.
18. Фотодиоды Шоттки.
19. ФР на квантовых ямах.
20. Боллометрические элементы. Принцип действия, особенности относительно ФР.
21. Солнечные элементы. Принцип действия. Подходящие материал для СЭ.

22. Виды СЭ. Солнечные электростанции.
23. Предложите конструкцию ФПУ на видимый диапазон.
24. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 2-3 мкм.
25. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 8-15 мкм.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Предложите конструкцию ФПУ на УФ диапазон.

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

2. Предложите конструкцию ФПУ на видимый диапазон.

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

3. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 2-3 мкм.

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

4. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 7-10 мкм.

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

5. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 8-15 мкм

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

6. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 3-5 мкм

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

7. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон 1-2 мкм.

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

8. Предложите конструкцию ФПУ на диапазон видимый диапазон.

Ответы:

Студент должен предложить на основе какого материала и типа приемника излучение создается ФПУ. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего

фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

9. Является ли ФПУ на основе Si без охлаждения оптимальным для диапазона 3-5 мкм? Предложите коррективы

Ответы:

Студент должен ответить на какой диапазон рассчитан материал, предложенный в задании. Предложить изменить материал для данного диапазона. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

10. Является ли ФПУ на основе PbS без охлаждения оптимальным для диапазона 3-5 мкм? Предложите коррективы.

Ответы:

Студент должен ответить на какой диапазон рассчитан материал, предложенный в задании. Предложить изменить материал для данного диапазона. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

11. Является ли ФПУ на основе KPT без охлаждения оптимальным для диапазона 3-5 мкм? Предложите коррективы.

Ответы:

Студент должен ответить на какой диапазон рассчитан материал, предложенный в задании. Предложить изменить материал для данного диапазона. Указать при необходимости материал используемого ограничивающего фильтра. Температурные ограничения работы ФПУ и предложить систему охлаждения для данных ограничений.

## **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: 75*

*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: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **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 аттестационной составляющих.

### **2 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

## Процедура проведения

1. Студент, допущенный к экзамену, тянет билет, называет номер билета преподавателю. 2. Преподаватель фиксирует ФИО студента, номер билета и время начала экзамена. 3. Студент имеет право на подготовку своего ответа не менее 1 часа, при желании данное время может быть сокращено при договоренности с экзаменаторами. 4. Студент отвечает на вопросы билета в течение не больше 30 минут. При необходимости экзаменатор задает дополнительные вопросы по теме билета и всего курса.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

### Вопросы, задания

- 1.Спектр люминесценции при рекомбинации зона-зона, переходы с участием примесных уровней.
- 2.Механизмы возбуждения электролюминесценции.
- 3.Предпробойная электролюминесценция. Туннельный эффект. Ударная ионизация.
- 4.Законы сохранения энергии-импульса при ионизации атома решетки.
- 5.Электролюминесцентные конденсаторы. Принцип работы, ВАХ и ВЯХ ЭЛК.
- 6.Интенсивность  $I$  электромагнитной волны. Вектор Умова-Поинтинга. Энергия электромагнитного поля. Закон Бугера-Ламберта. Коэффициент поглощения.
- 7.Суперинжекция. Диаграмма направленности излучения. КПД. Материалы, применяемые в светодиодах. Конструкции светодиодов.
- 8.Инжекционные полупроводниковые лазеры. Коэффициент поглощения (усиления).
- 9.Первое и второе лазерные условия. Резонатор Фабри-Перо. Пороговая плотность тока.
10. Лазеры на  $pn$ -гомопереходе. Гетеролазер на односторонней гетероструктуре. Гетеролазер на двусторонней гетероструктуре.
- 11.Условие инверсной населенности в полупроводниках. Первое лазерное условие.
- 12.Светодиоды. Энергетические диаграммы и распределение носителей заряда по энергиям. Спектр излучения. Внутренний и внешний квантовые выходы светодиода.
- 13.Коэффициенты Эйнштейна. Коэффициент поглощения и усиления.
- 14.Принцип действия и устройство оптических модуляторов.
- 15.Время жизни носителей и квантовый выход люминесценции.
- 16.Теория Ван Русбрека-Шокли.
- 17.Рекомбинационное излучение при фундаментальных переходах.
- 18.Люминесценция полупроводников. Виды люминесценции.
- 19.Монохроматичность электромагнитных волн и преобразование Фурье. Когерентное излучение. Пространственная и временная когерентность.
- 20.Отражение, преломление и пропускание электромагнитных волн. Коэффициенты отражения и пропускания. Просветляющие покрытия и их применение. Прохождение электромагнитных волн в диэлектрике.
- 21.Принцип действия и устройство оптических дефлекторов.
- 22.Уравнения Максвелла. Показатель преломления. Коэффициентом экстинкции (ослабления). Относительная диэлектрическая проницаемость. Уравнение электромагнитной волны. Поляризация света.
- 23.Спонтанные и вынужденные переходы. Инверсная населенность. Накачка.

### Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Изобразите спектральную характеристику светодиода.

Ответы:

Студент должен изобразить спектр излучения светодиода, указать характерные длины волн.

2.Изобразите спектральную характеристику лазера, при отсутствии выхода на режим полной мощности накачки.

Ответы:

Студент рисует спектральную характеристику максимально близкую с спектру спонтанного излучения.

3.Изобразите спектральную характеристику лазера, при условии выхода на режим полной мощности накачки.

Ответы:

Студент рисует спектральную характеристику максимально близкую с спектру вынужденного излучения.

4.Сформулируйте первое лазерное условие.

5.Сформулируйте второе лазерное условие.

Ответы:

Студент формулирует второе лазерное условие

6.Для каких приборов необходимо выполнение первого лазерного условия?

Ответы:

- - только светодиодов;
- - только лазеров;
- - только светодиодов и лазеров;
- - инжестирующих приборов.

Верный ответ: - инжестирующих приборов.

7.Приведите пример прибора работающего на пробойной люмениценции

Ответы:

ЭЛК

Светодиод

Лазер

Оптрон

Верный ответ: ЭЛК или Оптрон, построенный на базе ЭЛК

8.Для каких приборов необходимо выполнение второго лазерного условия?

Ответы:

- - только светодиодов;
- - только лазеров;
- - только светодиодов и лазеров;
- - инжестирующих приборов.

Верный ответ: лазеров и приборов на их основе.

9.Изобразите спектр поглощения и излучения для одного и того же материала?

Ответы:

Студент должен изобразить спектр поглощения и излучения, указать насколько они отличаются

10.Укажите основную особенность инжестиционной люминесценции

Ответы:

Это излучение, возникающее при рекомбинации электронов и дырок, которые появляются в результате прямого смещения на р-п переходе.

11.Укажите основную особенность пробойной люминесценции

Ответы:

Это излучение, возникающее протекании электрического тока через обратно смещённый р-п переход.

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

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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 задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## ***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 аттестационной составляющих.

**Для курсового проекта/работы:**

**1 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Студент, допущенный к защите, готовит презентацию и речь к защите. Комиссия (минимум из 2 преподавателей) слушает речь студента (в течение 5-10 минут), задает вопросы по работе в целом и непосредственно защите. По результатам речи и ответов на вопросы комиссия принимает решение об оценке.

***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: 75*

*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 задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

***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 аттестационной составляющих.

**2 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Студент, допущенный к защите, готовит презентацию и речь к защите. Комиссия (минимум из 2 преподавателей) слушает речь студента (в течение 5-10 минут), задает вопросы по работе в целом и непосредственно защите. По результатам речи и ответов на вопросы комиссия принимает решение об оценке.

***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: 75*

*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 задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### ***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 аттестационной составляющих.