

**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: Микроэлектроника и твердотельная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физика и технология неупорядоченных полупроводников**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Попов А.И.
	Идентификатор	Ra710b7a6-PopovAI-113a0ed6

(подпись)


А.И. Попов

(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

(подпись)

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-70cafb8

(подпись)

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:

- ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов  
ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов  
ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа № 1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №4 (Контрольная работа)
5. Контрольная работа №5 (Контрольная работа)
6. Контрольная работа №6 (Контрольная работа)
7. Контрольная работа №7 (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Лабораторный практикум 1 (Лабораторная работа)
2. Лабораторный практикум 2. Лабораторные работы (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Атомная структура неупорядоченных полупроводников					
Определение и классификация неупорядоченных материалов.	+	+		+	
Атомная структура некристаллических полупроводников	+				
Результаты структурных исследований неупорядоченных полупроводников.		+			
Электронная структура и свойства неупорядоченных полупроводников					
Электронная структура и дефекты в неупорядоченных полупроводниках.		+	+	+	

Электрофизические, оптические и фотоэлектрические свойства неупорядоченных полупроводников	+			+
Методы управления свойствами неупорядоченных полупроводников				
Управление свойствами неупорядоченных полупроводников		+		
Фотоиндуцированные изменения свойств неупорядоченных полупроводников	+	+	+	+
Молекулярные органические полупроводники	+	+		+
Вес КМ:	25	25	25	25

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	8	12	13	14
Технологические особенности получения плёнок неупорядоченных полупроводников. Носители оптической информации на основе неупорядоченных полупроводников.						
Технологические особенности получения плёнок неупорядоченных полупроводников.		+	+			
Носители оптической информации на основе неупорядоченных полупроводников	+	+	+	+	+	+
Тонкоплёночные фотоэлектрические преобразователи						
Фотоэлектрические преобразователи на основе неупорядоченных полупроводников		+	+	+	+	+
Электронные приборы на основе неупорядоченных полупроводников.						
Тонкоплёночные транзисторы на неупорядоченных полупроводниках		+	+	+	+	+
Электронные приборы на основе неупорядоченных полупроводников.		+	+	+	+	+
Память на фазовых переходах в неупорядоченных полупроводниках.		+	+	+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	12	13	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	Знать: физику работы приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников методы исследования атомной структуры и управления свойствами неупорядоченных полупроводников особенности электронной структуры, электрических, оптических и фотоэлектрических свойств неупорядоченных полупроводников классификацию приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников классификацию твёрдых тел с точки зрения атомной структуры и зонной теории Уметь: применять методы расчёта	Контрольная работа № 1 (Контрольная работа) Контрольная работа №2 (Контрольная работа) Контрольная работа №3 (Контрольная работа) Контрольная работа №4 (Контрольная работа) Контрольная работа №5 (Контрольная работа) Контрольная работа №6 (Контрольная работа) Контрольная работа №7 (Контрольная работа)

		и моделирования атомной структуры неупорядоченных полупроводников собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по неупорядоченным полупроводникам аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментальных исследований неупорядоченных полупроводников применять методы и средства измерений физических свойств неупорядоченных полупроводников	
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур	Знать: методы расчёта и проектирования приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников методы исследования и технологические методы изготовления приборов и устройств на основе	Контрольная работа №6 (Контрольная работа) Контрольная работа №7 (Контрольная работа) Лабораторный практикум 1 (Лабораторная работа) Лабораторный практикум 2. Лабораторные работы (Лабораторная работа)

		неупорядоченных полупроводников	
--	--	------------------------------------	--

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

7 семестр

### КМ-1. Контрольная работа № 1

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа 1. Определение, классификация и атомная структура неупорядоченных полупроводников

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: классификацию твёрдых тел с точки зрения атомной структуры и зонной теории	1. Дайте определение некристаллических материалов со структурной точки зрения. Какой экспериментальный метод позволяет разделить некристаллические материалы и кристаллы?
Знать: методы исследования атомной структуры и управления свойствами неупорядоченных полупроводников	1. Какими параметрами характеризуется ближний порядок в расположении атомов? 2. На чем основан метод рентгеноспектрального химического анализа?
Уметь: аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментальных исследований неупорядоченных полупроводников	1. Первые два пика функции радиального распределения атомов расположены при 2,30 Å и 3,25 Å. Чему равен угол связи в материале? 2. <b>Определите понятие двугранного угла как характеристики атомной структуры материала.</b> 3. Рассчитайте величину количественного критерия стеклообразования для материала Si <sub>30</sub> Se <sub>70</sub> . Является ли этот материал стеклообразующим?

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*



*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

*Оценка:* 3

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

## **КМ-2. Контрольная работа №2**

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа 2. Методы и результаты исследования и моделирования атомной структуры неупорядоченных полупроводников

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности электронной структуры, электрических, оптических и фотоэлектрических свойств неупорядоченных полупроводников	1.Какова координация и электрический заряд дефектов с минимальной энергией на атомах элементов V группы? 2. Что такое локализованные состояния в соответствии с определениями, предложенными Андерсоном и Н. Моттом.
Уметь: применять методы и средства измерений физических свойств неупорядоченных полупроводников	1.Рассчитайте величину критерия эффективности структурной модификации (КЭСМ) для материала состава $As_2Se_3$ (электроотрицательность мышьяка – 2,0, селена – 2,4). 2.Какова координация и электрический заряд дефекта с минимальной энергией на атомах элементов IV группы? Изобразите распределение электронов по орбиталям для такого дефекта.
Уметь: применять методы расчёта и моделирования атомной структуры неупорядоченных полупроводников	1.Составте алгоритм моделирования атомной структуры некристаллического полупроводника градиентным методом 2.Составте алгоритм моделирования атомной структуры некристаллического полупроводника

	методом Монте-Карло
Уметь: собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по неупорядоченным полупроводникам	1. Выберите модель молекулярного строения некристаллического селена, наиболее успешно объясняющие ИК и КР спектры материала

### Описание шкалы оценивания:

#### Оценка: 5

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

#### Оценка: 4

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

#### Оценка: 3

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

### КМ-3. Контрольная работа №3

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа 3. Электронная структура и свойства неупорядоченных полупроводников

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности электронной структуры, электрических, оптических и фотоэлектрических свойств неупорядоченных полупроводников	1. Что такое квантовый выход в выражении для фотопроводимости? Как и почему его величина зависит от напряженности электрического поля в неупорядоченных полупроводниках?
---	--

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

**КМ-4. Контрольная работа №4**

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа 4. Методы управления свойствами неупорядоченных полупроводников

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: классификацию твёрдых тел с точки зрения атомной структуры и зонной теории	1. Почему наличие сопряженных связей в органических материалах приводит к появлению полупроводниковых свойств? 2. В каких материалах (неорганических или органических) энергия связи экситона выше и почему?
Знать: особенности электронной структуры, электрических, оптических и фотоэлектрических свойств неупорядоченных полупроводников	1. В чем заключается конфигурационная модель, используемая для объяснения фотоиндуцированных изменений свойств ХСП? 2. Проиллюстрируйте эффект фотостимулированного изменения скорости травления ХСП в щелочном травителе и в бихромате калия (хромпике).
Уметь: аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментальных исследований неупорядоченных полупроводников	1. Объясните эффект фотопотемнения пленок ХСП с использованием конфигурационной модели. 2. Объясните эффект фотопросветления пленок ХСП с использованием конфигурационной модели.
Уметь: собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по неупорядоченным полупроводникам	1. Проведите анализ значений энергии активации электропроводности в органических и неорганических полупроводниках. В каком случае она больше и почему?

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется

студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

## 8 семестр

### КМ-5. Контрольная работа №5

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа №5. Технологические особенности получения плёнок неупорядоченных полупроводников

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: классификацию приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	1. Перечислите и кратко поясните основные характеристики электрофотографических слоев.
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой,

рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

### КМ-6. Контрольная работа №6

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа 6. Носители оптической информации и фоторезисты на основе неупорядоченных полупроводников

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: физику работы приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Многослойные и варизонные электрофотографические носители информации: принцип работы и спектральные характеристики фоточувствительности.</li> <li>2. Электрофотографические носители на основе a-Si:H: спектральная характеристика фоточувствительности, достоинства и проблемы.</li> <li>3. Фототермопластический процесс: конструкции носителя и принцип работы.</li> </ol>
Знать: методы исследования и технологические методы изготовления приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем отличаются друг от друга многослойные и варизонные электрофотографические слои?</li> <li>2. Какие проблемы возникают при создании электрофотографических слоев на основе a-Si:H и как эти проблемы решаются?</li> <li>3. Электрорентгенография: конструкция и принцип работы ячейки цифрового рентгеновского детектора.</li> </ol>
Знать: методы расчёта и проектирования приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электрофотографические слои на основе гидrogenизированного аморфного кремния: достоинства и недостатки, возможные конструкции.</li> <li>2. Какие проблемы возникали при эксплуатации сверхвысокочувствительных видиконов и как эти проблемы решались?</li> </ol>

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной

дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

### **КМ-7. Контрольная работа №7**

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

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа №7

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: физику работы приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.«Размерный эффект» в фотоэлектрических преобразователях на основе <math>\alpha - \text{Si:H}</math>: причины возникновения, влияние на характеристики и пути преодоления.</li> <li>2.Фотоэлектрические преобразователи на основе гетероперехода монокристаллический – аморфный кремний: идеология, конструкция, проблемы, преимущества.</li> <li>3.Принцип работы жидкокристаллических дисплеев.</li> </ol>
Знать: методы исследования и технологические методы изготовления приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	1.Конструкция и преимущества интегральных модулей фотоэлектрических преобразователях на основе $\alpha - \text{Si:H}$ .
Знать: методы расчёта и	1.Эффект Стеблера – Вронского в фотоэлектрических

проектирования приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	преобразователях на основе $a - Si:H$ : причины возникновения, влияние на характеристики. 2. Фотоэлектрические преобразователи на основе органических полупроводников: достоинства и недостатки. 3. Классификация твердотельных дисплеев. 4. Конструкция тонкопленочного транзистора на основе $a - Si:H$ в матрице управления жидкокристаллическим дисплеем. Пути увеличения его быстродействия.
---	--

### Описание шкалы оценивания:

#### Оценка: 5

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

#### Оценка: 4

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки;

#### Оценка: 3

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

### КМ-8. Лабораторный практикум 1

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 12

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита результатов выполнения лабораторных работ

**Краткое содержание задания:**



Выполнения задания по лабораторной работе, составление и написание отчета

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы расчёта и проектирования приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	1. От каких параметров полупроводника зависит проводимость по распространённым состояниям? 2. От каких параметров полупроводника зависит проводимость по локализованным вблизи уровня Ферми состояниям? 3. От каких параметров полупроводника зависит проводимость по локализованным состояниям в хвостах зон?
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильное проведение эксперимента и расчетов. Понимание и умение объяснить полученные результаты*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильное проведение эксперимента и расчетов. Понимание и умение объяснить большую часть полученных результатов*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Правильное проведение эксперимента, не принципиальные ошибки в расчетах. Трудности в объяснении полученных результатов*

**КМ-9. Лабораторный практикум 2. Лабораторные работы**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 13

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита результатов выполнения лабораторных работ

**Краткое содержание задания:**

Выполнения задания по лабораторной работе, составление и написание отчета

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы расчёта и проектирования приборов и устройств на основе неупорядоченных полупроводников	1. Каков общий принцип работы сканирующего зондового микроскопа? 2. Опишите устройство и принцип записи информации на оптический диск с односторонней записью 3. Опишите устройство и принцип записи информации на перезаписываемый оптический диск 4. Какие эффекты лежат в основе принципа действия СЭ? 5. Перечислите основные электрофизические параметры СЭ 6. От каких факторов зависит эффективность работы СЭ?
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильное проведение эксперимента и расчетов. Понимание и умение объяснить полученные результаты

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильное проведение эксперимента и расчетов. Понимание и умение объяснить большую часть полученных результатов

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильное проведение эксперимента, не принципиальные ошибки в расчетах. Трудности в объяснении полученных результатов

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

НИУ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 Кафедра ЭиН	Утверждаю: Зав. кафедрой
«МЭИ»	Дисциплина «Физика и технология неупорядоченных полупроводников»	И.Н. Мирошникова
	Институт радиотехники и электроники	«30» 12. 2020г.
<p>1. Сформулируйте определения некристаллических твердых тел. Проанализируйте недостатки и достоинства различных определений.</p> <p>2. Модели энергетических зон некристаллических полупроводников. Сравнение моделей Губанова, Коуэна – Фриче – Овшинского, Мотта – Дэвиса. Понятие щели подвижности.</p> <p>3. Определите степень ионности химической связи между атомами мышьяка и селена, если электроотрицательность мышьяка 2,0, а селена 2,4.</p>		

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена

### *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

### **Вопросы, задания**

1. Сформулируйте определения некристаллических твердых тел. Проанализируйте недостатки и достоинства различных определений.
2. Модели энергетических зон некристаллических полупроводников. Сравнение моделей Губанова, Коуэна – Фриче – Овшинского, Мотта – Дэвиса. Понятие щели подвижности.
3. Определите степень ионности химической связи между атомами мышьяка и селена, если электроотрицательность мышьяка 2,0, а селена 2,4.
4. Проведите классификацию некристаллических твердых тел с термодинамических позиций. На какие подгруппы подразделяются неравновесные системы, их отличия друг от друга.
5. Метастабильное состояние вещества. Отличительные признаки, переход в стабильное состояние (уравнение Аррениуса). Стеклообразное состояние.
6. Механизмы электропроводности в некристаллических полупроводниках, их температурные и частотные зависимости.
7. Уровни структурной модификации свойств некристаллических полупроводников, их эффективность и области применимости
8. Качественные и количественные критерии стеклообразования.
9. В чем заключается «временнóлетная методика» определения дрейфовой подвижности в некристаллических полупроводниках? Как с помощью неё определить распределение плотности локализованных состояний в этих материалах?

10. Методы определения оптической ширины запрещенной зоны в некристаллических полупроводниках.

11. Сформулируйте понятие ближнего порядка в расположении атомов. Методы его определения. Геометрические и энергетические параметры ближнего порядка.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Применимо ли к некристаллическим полупроводникам понятие “функция Блоха”?

Ответы:

Да

Нет

Верный ответ: Нет

2. Потеря дальнего порядка приводит к...

Ответы:

1. потере понятия “ширина запрещенной зоны”
2. потере полупроводниковых свойств материалов;
3. исчезновению на дифракционных картинах резких рефлексов, свойственных кристаллам, и появлению диффузных гало

Верный ответ: исчезновению на дифракционных картинах резких рефлексов, свойственных кристаллам, и появлению диффузных гало

3. **неупорядоченными называются материалы, в которых...**

Ответы:

1. отсутствуют полупроводниковые свойства материала;
2. отсутствует понятие “ширина запрещенной зоны”;
3. **потенциальная энергия носителей заряда является неперiodической функцией координат**

Верный ответ: потенциальная энергия носителей заряда является неперiodической функцией координат

4. По химическому составу к стеклообразным полупроводникам относятся:

Ответы:

1. элементарные (селен);

халькогенидные (включающие халькоген (S, Se, Te) и элементы IV и V групп Периодической системы);

оксидные (на основе оксидов переходных металлов);

кремний и германий

Верный ответ: элементарные (селен); халькогенидные (включающие халькоген (S, Se, Te) и элементы IV и V групп Периодической системы); оксидные (на основе оксидов переходных металлов);

5. **К стеклам относят материалы, для получения которых в некристаллическом состоянии необходимы скорости охлаждения не более ...**

Ответы:

100 К в час;

1 К в минуту;

**десятки кельвинов в секунду**

Верный ответ: десятки кельвинов в секунду

6. **Функция радиального распределения атомов (ФРРА) - это:**

Ответы:

функция, входящая в уравнение Шредингера;

вероятность нахождения того или иного атома на данном расстоянии от атома, выбранного за центральный

Верный ответ: вероятность нахождения того или иного атома на данном расстоянии от атома, выбранного за центральный

7. При переходе из кристаллического в неупорядоченное состояние...

Ответы:

1. теряется ближний порядок;
2. ближний порядок остается неизменным;
3. теряется дальний порядок;
4. ширина запрещенной зоны материала остается неизменной

Верный ответ: теряется дальний порядок

8. Локализованные состояния присутствуют в...

Ответы:

1. идеальных монокристаллах;
2. кристаллических полупроводниках;
3. некристаллических полупроводниках

Верный ответ: кристаллических полупроводниках; некристаллических полупроводниках

9. Введение примесных атомов в стеклообразный полупроводник приводит к

Ответы:

1. возможности управлять положением уровня Ферми
- 2.
3. положение уровня Ферми практически не меняется

Верный ответ: положение уровня Ферми практически не меняются

10.a – Si:H - это:

Ответы:

1. монокристаллический кремний, легированный водородом;
2. гидрогенизированный аморфный кремний

Верный ответ: гидрогенизированный аморфный кремний

11. Модель строения энергетических зон Мотта – Дэвиса характеризуется:

Ответы:

отсутствием запрещенной зоны полупроводника;  
наличием краёв подвижности, отделяющих нелокализованные состояния от локализованных;  
наличием хвостов локализованных состояний;  
наличием узкой зоны с высокой плотностью локализованных состояний вблизи середины щели подвижности

Верный ответ: наличием краёв подвижности, отделяющих нелокализованные состояния от локализованных; наличием хвостов локализованных состояний; наличием узкой зоны с высокой плотностью локализованных состояний вблизи середины щели подвижности

12. В модели энергетических зон Мотта – Дэвиса при приложении к полупроводнику электрического поля можно ожидать:

Ответы:

экспоненциальный рост проводимости;

перенос носителей заряда по разрешенным зонам;  
перенос носителей заряда по нелокализованным состояниям;  
прыжки по локализованным состояниям в хвостах зон;  
прыжки по локализованным состояниям вблизи середины щели подвижности

Верный ответ: перенос носителей заряда по нелокализованным состояниям; прыжки по локализованным состояниям в хвостах зон; прыжки по локализованным состояниям вблизи середины щели подвижности

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценка «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

**8 семестр**

**Форма промежуточной аттестации: Экзамен**

## Пример билета

НИУ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 Кафедра ЭиН	Утверждаю: Зав. кафедрой
«МЭИ»	Дисциплина «Физика и технология неупорядоченных полупроводников»	
	Институт радиотехники и электроники	«08» 06 2021 г.
<p>1. Конструкции и механизм работы ячейки памяти на основе фазовых переходов 2-го поколения (PRAM).</p> <p>2. Как объяснить ускорение кристаллизации селена в супер- чувствительных видиконах при отрицательных температурах?</p> <p>3. Получение a-Si:H методом осаждения из плазмы тлеющего разряда. Типы установок их достоинства и недостатки.</p>		

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур

### **Вопросы, задания**

1. Конструкции и механизм работы ячейки памяти на основе фазовых переходов 2-го поколения (PRAM).
2. Как объяснить ускорение кристаллизации селена в супер- чувствительных видиконах при отрицательных температурах?
3. Получение a-Si:H методом осаждения из плазмы тлеющего разряда. Типы установок их достоинства и недостатки.
4. Какими факторами определяется атомная структура пленки полупроводника, полученной термическим испарением в вакууме?
5. Прямая и обращенная конструкции фотоэлектрического преобразователя энергии на основе a-Si:H. Достоинства и недостатки.
6. Вам надо изготовить электрофотографический слой для лазерного принтера с лазером, излучающим в красной области спектра. Какой полупроводниковый материал Вы используете и почему?
7. Проблемы, возникающие при получении тонких пленок многокомпонентных халькогенидных стеклообразных полупроводников. Как эти проблемы решаются?
8. Конструкция фотовидикона. Зависимость фотопроводимости от напряженности электрического поля. Пути повышения устойчивости к кристаллизации сверхвысокочувствительных видиконов на основе селена.
9. Какие возможны пути повышения плотности записи оптической информации в носителях на основе фазовых переходов 1-го рода.
10. Как получить пленку халькогенидного стеклообразного полупроводника с заданным изменением химического состава по толщине пленки?

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие из перечисленных методов относятся к группе методов дискретного испарения

Ответы:

испарение из квазизамкнутого объема  
лазерное испарение  
соиспарение из разных источников

Верный ответ: лазерное испарение

2. Какой метод обеспечивает получение более равномерных по толщине пленок

Ответы:

термическое испарение в вакууме  
ионно-плазменное распыление

Верный ответ: ионно-плазменное распыление

3. У какого из перечисленных материалов меньше ширина запрещенной зоны:  $a\text{-Si:H}$ ,  $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$ ,  $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$

Ответы:

$a\text{-Si:H}$ ,  
 $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$ ,  
 $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$

Верный ответ:  $a\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{:H}$

4. Каковы требования к величине удельного сопротивления полупроводникового слоя в принтерах на основе ксерокс-процесса?

Ответы:

должно быть высоким  
должно быть низким  
не имеет значения

Верный ответ: должно быть высоким

5. Основное преимущество электрофотографических слоев на основе органических полупроводников

Ответы:

высокая тиравестойкость  
низкая стоимость  
высокая фоточувствительность

Верный ответ: низкая стоимость

6. На каком фазовом переходе основана работа оптических дисков с многократной записью информации

Ответы:

испарение  
кристаллизация  
аморфизация

Верный ответ: кристаллизация аморфизация

7. С какой целью в фотоэлектрических преобразователях используются полупроводниковые слои с различной шириной запрещенной зоны

Ответы:

для увеличения рабочего напряжения  
для увеличения эффективности поглощения солнечного излучения  
для увеличения срока службы приборов

Верный ответ: для увеличения эффективности поглощения солнечного излучения

8. Принцип работы жидкокристаллических дисплеев основан на ...

Ответы:

изменении интенсивности излучения каждой ячейки  
изменении оптического пропускания каждой ячейки

Верный ответ: изменении оптического пропускания каждой ячейки



9. Принцип работы дисплеев с активной матрицей органических светодиодов основан на

...

Ответы:

изменении интенсивности излучения каждой ячейки

изменении оптического пропускания каждой ячейки

Верный ответ: изменении интенсивности излучения каждой ячейки

10. Благодаря чему происходит запоминание высокоомного состояния в ячейках энергонезависимой памяти

Ответы:

кристаллизации аморфного материала

аморфизации кристаллического материала

Верный ответ: аморфизации кристаллического материала

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «отлично» (5) заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках основной программы дисциплины экзамена, правильно выполнившему практическое задание;

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «хорошо» (4) заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практическое задание, но допустившему при этом принципиальные ошибки;

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* оценки «удовлетворительно» (3) заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию экзаменатора выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины;

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.