

**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: Полупроводниковые материалы и структуры**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Активные диэлектрики**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Андреев В.Н.
Идентификатор	R65784cde-AndreevVN-fa46003e	

В.Н. Андреев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f	

Д.С.  
Холодный

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214	

А.З.  
Славинский

## 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 проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и нанoeлектроники с заданными свойствами  
ИД-1 Знает методы контроля и исследования материалов микро- и нанoeлектроники
- ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и нанoeлектроники  
ИД-3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

- КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

- КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики" (Тестирование)
- КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа)
- КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков" (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты					
Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты		+			
Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках					
Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках			+		
Параэлектрики					
Параэлектрики			+	+	

Пироэффект и пьезоэффект.				
Пироэффект и пьезоэффект.		+	+	
Материалы линейной и нелинейной оптики.				
Материалы линейной и нелинейной оптики.		+	+	
Электреты				
Электреты				+
Жидкие кристаллы				
Жидкие кристаллы				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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> Знает методы контроля и исследования материалов микро- и нанoeлектроники	Знать: параметры перспективных активных диэлектриков; уметь методы контроля и исследования параметров материалов активных диэлектриков Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами применять параметры материалов активных диэлектриков для расчета характеристик образцов на основе численных методов расчета	КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики" (Тестирование) КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" (Расчетно-графическая работа) КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа) КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков" (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и нанoeлектроники	Знать: характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков Уметь: выбирать методы исследования материалов	КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" (Расчетно-графическая работа) КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа) КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков" (Контрольная работа)

		активных диэлектриков	
--	--	-----------------------	--

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

### КМ-1. КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание выполняется в аудитории одновременно всеми тестируемыми в ограниченное время. Ответы на тестовые вопросы отмечаются на листе задания, который выдается в начале контрольного мероприятия и сдается в конце. На листе задания записываются фамилия, имя, отчество, группа студента время и место проведения контрольного мероприятия. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

#### Краткое содержание задания:

Получить лист с заданиями. На листе задания написать фамилию, имя, отчество, группу, время и место проведения контрольного мероприятия. Выбрать правильные ответы на вопросы и отметить в листе задания. На заданные вопросы следует давать однозначные ответы – т.е. на 1 вопрос необходим 1 правильный ответ. Если существуют два и больше непротиворечивых ответа, то один из них - наиболее полный, он считается правильным. В 4 задании найти соответствие. Лист задания с отмеченными ответами сдать в конце контрольного мероприятия

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы контроля и исследования параметров материалов активных диэлектриков	1.КМ-1 Сегнетоэлектрики – это: (Выбрать правильный ответ) 2.КМ-1 Спонтанная поляризация – это: (Выбрать правильный ответ) 3.КМ-1 Электрический домен – это: (Выбрать правильный ответ) 4.Установите соответствие между величинами и их обозначениями Величины: относительная диэлектрическая восприимчивость, поляризация, абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, относительная диэлектрическая проницаемость, напряженность электрического поля. Обозначения: $P$ , $\chi$ , $\epsilon_0$ , $\epsilon$ , $E$ 5.КМ-1 Выберите из представленных зависимостей правильный вид петли гистерезиса для сегнетоэлектрика
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если дано 5 правильных ответа

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если дано 4 правильных ответа

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 40

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если дано 3 правильных ответа

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или дано менее трех правильных ответов

## **КМ-2. КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков"**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуальные задания выдаются не позднее семи дней до контрольного мероприятия. Задание выполняется в форме домашнего задания с периодическими консультациями преподавателя и предоставляется в виде пояснительной записки не менее чем за один день до контрольного мероприятия на проверку. В пояснительной записке в письменном виде представляется решения заданий. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

### **Краткое содержание задания:**

Выполнить расчеты параметров характеристик структур с применением активных диэлектриков. Расчеты оформить письменно в форме расчетно-графической работы и сдать на проверку не менее чем за один день до контрольного мероприятия

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: параметры перспективных активных диэлектриков; уметь	1.КМ-2 знать 1 Как Измерять частотные зависимости эpsilon сегнетоэлектриков 2.КМ-2 знать 2 Как Измерять частотные зависимости проводимости сегнетоэлектриков
Знать: характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков	1.КМ-2 знать 3 Как Измерять температурные зависимости эpsilon сегнетоэлектриков
Уметь: применять параметры материалов активных диэлектриков для расчета характеристик образцов на основе численных методов расчета	1.КМ-2 уметь Определить смещение иона титана в элементарной ячейке кристалла титаната бария 2.КМ-2 уметь Определить напряженность электрического поля в зазоре конденсаторной структуры с электретом

### **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:* 40

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

*Оценка:* 2

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

### **КМ-3. КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа выполняется в аудитории одновременно всеми контролируруемыми в ограниченное время. Ответы на контрольные вопросы даются письменно на листе ответа, который оформляется в начале контрольного мероприятия после выдачи задания и сдается в конце. На листе письменного ответа записываются фамилия, имя, отчество, группа студента время и место проведения контрольного мероприятия. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

**Краткое содержание задания:**

Получить вопросы и дать письменные ответы ты на контрольные вопросы. На листе письменного ответа написать фамилию, имя, отчество, группу, время и место проведения контрольного мероприятия. Лист письменного ответа сдать в конце контрольного мероприятия

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков	1.КМ-3 знать Сегнетоэлектрики. Основные свойства. Гистерезисные параметры 2.КМ-3 знать Параметры сегнетоэлектриков при фазовых переходах I и II рода 3.КМ-3 знать Классическая теория сегнетоэлектричества. Поляризационная катастрофа.
Уметь: применять параметры материалов активных диэлектриков для расчета характеристик образцов на основе численных методов расчета	1.КМ-3 уметь 1 определять температуру Кэри 2.КМ-3 уметь 2 определять температуру Кэри и эILON вблизи нее 3.КМ-3 уметь 3 определять температуру Кэри и проводимость вблизи нее

**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:* 40

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

*Оценка:* 2

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

#### **КМ-4. КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа выполняется в аудитории одновременно всеми контролируемыми в ограниченное время. Ответы на контрольные вопросы даются письменно на листе ответа, который оформляется в начале контрольного мероприятия после выдачи задания и сдается в конце. На листе письменного ответа записываются фамилия, имя, отчество, группа студента время и место проведения контрольного мероприятия. По результатам проверки заданий выставляется оценка за контрольное мероприятие

#### **Краткое содержание задания:**

Получить вопросы и дать письменные ответы ты на контрольные вопросы. На листе письменного ответа написать фамилию, имя, отчество, группу, время и место проведения контрольного мероприятия. Лист письменного ответа сдать в конце контрольного мероприятия

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами	1.КМ-4 уметь 1. Исследование частотной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков 2.КМ-4 уметь 2. Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков 3.КМ-4 уметь 3. Исследование гистерезисных параметров активных диэлектриков
Уметь: выбирать методы исследования материалов активных диэлектриков	1.КМ-4 уметь 4. Исследование вольтамперной характеристики активных диэлектриков. Варисторный эффект 2.КМ-4 уметь 5. Исследование температурной зависимости электропроводности активных диэлектриков. Позисторный эффект 3.КМ-4 уметь 6. Исследование пьезоэлектрических свойств активных диэлектриков 4.КМ-4 уметь 7. Исследование пироэлектрических свойств активных диэлектриков

**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: 40*

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

*Оценка: 2*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Активные диэлектрики. Определение, основные группы и характерные свойства.
2. Нелинейнооптические материалы. Основные свойства и применение.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме. Подготовка к ответу на вопросы 40 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Знает методы контроля и исследования материалов микро- и наноэлектроники

### Вопросы, задания

- 1.1. Активные диэлектрики. Определение, основные группы и характерные свойства.
2. Нелинейнооптические материалы. Основные свойства и применение.
- 2.1. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода в сегнетоэлектриках. Основные положения.
2. Пьезоэлектрический эффект. Основные параметры
- 3.1. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Параэлектрическая фаза (основные соотношения и закономерности изменения параметров).
2. Пироэлектрический и электрокалорический эффекты. Определение и основные соотношения.
- 4.1. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Полярная фаза.
2. Характеристики пироэлектриков и важнейшие материалы для пироэлектрических кристаллов и тонких пленок.
- 5.1. Динамическая теория спонтанной поляризации. Основные положения, мягкая мода сегнетоэлектрических колебаний.
2. Материалы для твердотельных лазеров. Основные свойства и применение
- 6.1. Активные диэлектрики. Определение, основные группы и характерные свойства.
2. Полупроводниковые лазеры и светодиоды. Применяемые материалы
- 7.1. Основные этапы и история изучения сегнето- и пьезоэлектрических материалов.
2. Материалы для жидкостных лазеров. Основные свойства и применение
- 8.1. Классификации сегнетоэлектриков.
2. Электрооптический эффект. Основные свойства
- 9.1. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода в сегнетоэлектриках. Основные положения.
2. Люминофоры. Основные свойства и применение
- 10.1. Термодинамическая теория фазовых переходов в сегнетоэлектриках. Параэлектрическая фаза (основные соотношения и закономерности изменения параметров).
2. Электрооптические кристаллы. Основные свойства и применение

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сегнетоэлектрики – это:

Ответы:

- активные диэлектрики,
- пассивные диэлектрики,
- активные проводники,
- активные полупроводники,
- пассивные полупроводники,
- пассивные проводники.

Верный ответ: Сегнетоэлектрики – это- активные диэлектрики

2. Установите соответствие между величинами и их обозначениями

Величины: относительная диэлектрическая восприимчивость, поляризация, абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, относительная диэлектрическая проницаемость, напряженность электрического поля.

Обозначения:  $P$ ,  $\chi$ ,  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon$ ,  $E$

Ответы:

Найти правильное соответствие между величинами и их обозначениями

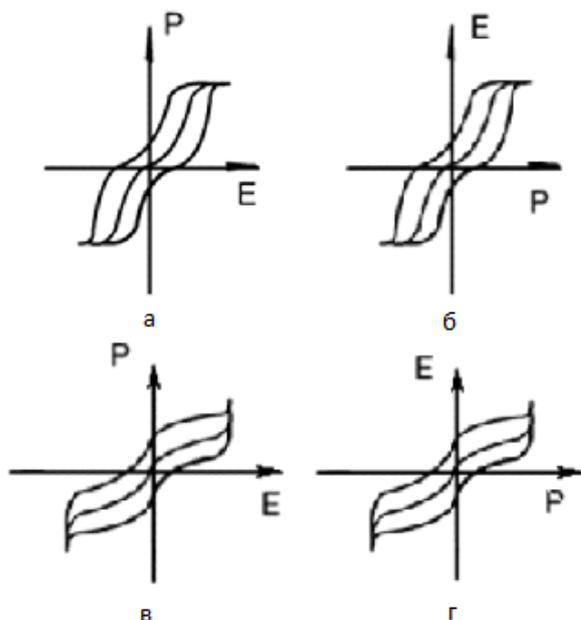
Верный ответ:  $\chi$  - относительная диэлектрическая восприимчивость  $P$  - поляризация

$\epsilon_0$  - абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума  $\epsilon$  - относительная

диэлектрическая проницаемость  $E$  - напряженность электрического поля

3. Выберите из представленных зависимостей правильный вид петли гистерезиса для сегнетоэлектрика

Ответы:



Верный ответ: Правильный ответ - а

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-2 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники

### Вопросы, задания

- 1.1. Классификации сегнетоэлектриков.
2. Сегнетоэлектрические тонкие пленки. Проблемы и возможные пути их решения.
  - 2.1. Изменение  $\epsilon$  от температуры в параэлектрической фазе сегнетоэлектрика.
  2. Применение пиро- и пьезоэлектрических пленок в электронике.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Спонтанная поляризация – это:

Ответы:

- самопроизвольная поляризация, возникающая при низких температурах даже, если электрическое поле отсутствует или при нагреве;
- самопроизвольная поляризация, возникающая под действием электрического поля;
- самопроизвольная поляризация, возникающая при нагреве;
- самопроизвольная поляризация, возникающая при одновременном действии электрического поля и высокой температуры;
- самопроизвольная поляризация, возникающая при низких температурах даже, если электрическое поле отсутствует.

Верный ответ: Спонтанная поляризация – это самопроизвольная поляризация, возникающая при низких температурах даже, если электрическое поле отсутствует.

2. Электрический домен – это:

Ответы:

- область материала, обладающая электрическим моментом даже при отсутствии внешнего электрического поля;
- область материала, в которой электрический момент возникает под действием электрического поля;
- область материала, в которой электрический момент возникает при нагреве;
- область материала, в которой электрический момент возникает при нагреве или под действием электрического поля;
- область материала, в которой электрический момент возникает при одновременном действии электрического поля и высокой температуры.

Верный ответ: Электрический домен – это область материала, обладающая электрическим моментом даже при отсутствии внешнего электрического поля

## II. Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* а) не ответил на вопросы экзаменационного билета; б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

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

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