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 наноэлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
АКТИВНЫЕ ДИЭЛЕКТРИКИ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.08.02.02**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**2 семестр - 4;**
Часов (всего) по учебному плану:	**144 часа**
Лекции	**2 семестр - 32 часа;**
Практические занятия	**2 семестр - 16 часов;**
Лабораторные работы	**не предусмотрено учебным планом**
Консультации	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
Самостоятельная работа	**2 семестр - 95,7 часа;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Тестирование** **Расчетно-графическая работа** **Контрольная работа**	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	**2 семестр - 0,3 часа;**

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	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-6393810d	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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является формирование у студентов системного подхода в изучении физических процессов, явлений, параметров и возможных областей применения активных диэлектриков в массивном и пленочном исполнении для изделий электроники и наноэлектроники

Задачи дисциплины

- освоение методов исследования и анализа физических процессов и явлений, происходящих в активных диэлектриках;
- изучение параметров активных диэлектриков в массивном и пленочном исполнении и возможных областей применения для изделий электроники и наноэлектроники;
- приобретение навыков практического применения методов исследования активных диэлектриков в проведении научных экспериментов в области электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Запланированные результаты обучения**
ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и наноэлектроники с заданными свойствами	ИД-1$_{ПК-1}$ Знает методы контроля и исследования материалов микро- и наноэлектроники	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.
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и наноэлектроники	ИД-3$_{ПК-2}$ Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники	знать: - характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков. уметь: - выбирать методы исследования материалов активных диэлектриков.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты	18	2	4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "1 семестр" ***Подготовка расчетно-графического задания:*** В рамках расчетно-графического задания выполняется расчеты параметров структур с применением активных диэлектриков. Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: 1. Определить смещение иона титана в элементарной ячейке кристалла титаната бария. 2. Определить напряженность электрического поля в зазоре конденсаторной структуры с электретом. 3. Определить разность потенциалов между противоположными плоскостями пъезоэлектрической пластины, находящейся под воздействием механического напряжения. ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "1 семестр" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях: 1. Исследование
1.1	Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты	18		4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	

														частотной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков 2.Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков 3.Исследование гистерезисных параметров активных диэлектриков 4.Исследование вольтамперной характеристики активных диэлектриков. Варисторный эффект 5.Исследование температурной зависимости электропроводности активных диэлектриков. Позисторный эффект 6.Исследование пъезоэлектрических свойств активных диэлектриков 7.Исследование пироэлектрических свойств активных диэлектриков 8.Исследование электроптических свойств материалов линейной оптики ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "1 семестр" ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 1-384 [2], 12-360 [3], 21-287
2	Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках	17		4	-	2	-	-	-	-	-	11	-	***Подготовка доклада, выступления:*** Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:
2.1	Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках	17		4	-	2	-	-	-	-	-	11	-	

														Подготовка расчетных заданий: Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках и подготовка к контрольной работе ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание

														выдается студентам по изученному в разделе "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" материалу. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию.

														Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках" ***<u>Подготовка реферата:</u>*** В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], 1-384 [2], 12-360 [3], 21-287
3	Параэлектрики	18		5	-	2	-	-	-	-	-	11	-	***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>***
3.1	Параэлектрики	18		5	-	2	-	-	-	-	-	11	-	Изучение материалов по разделу Параэлектрики и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка реферата:</u>*** В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:

														Подготовка расчетных заданий: Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Параэлектрики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Параэлектрики" ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Параэлектрики" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Параэлектрики" ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Параэлектрики" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***Проведение исследований:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***Подготовка курсового проекта:*** Курсовой

														проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Параэлектрики" материалу. ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], 1-384 [2], 12-360

														[3], 21-287
4	Пироэффект и пьезоэффект.	18		5	-	2	-	-	-	-	-	11	-	***Подготовка реферата:*** В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: ***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Пироэффект и пьезоэффект.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Пироэффект и пьезоэффект." ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Пироэффект и пьезоэффект." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***Подготовка к контрольной работе:***
4.1	Пироэффект и пьезоэффект.	18		5	-	2	-	-	-	-	-	11	-	

														Изучение материалов по разделу Пироэффект и пьезоэффект. и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Пироэффект и пьезоэффект." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Пироэффект и пьезоэффект." материалу. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает

														пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Пироэффект и пьезоэффект." ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], 1-384 [2], 12-360 [3], 21-287
5	Материалы линейной и нелинейной оптики.	18		5	-	2	-	-	-	-	-	11	-	***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Материалы линейной и нелинейной оптики." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Материалы линейной и нелинейной
5.1	Материалы линейной и нелинейной оптики.	18		5	-	2	-	-	-	-	-	11	-	

														оптики.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики." ***<u>Проведение эксперимента:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>*** Изучение материала по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Подготовка курсовой работы:</u>*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***<u>Подготовка к контрольной работе:</u>*** Изучение материалов по разделу Материалы линейной и нелинейной оптики. и подготовка к контрольной работе ***<u>Подготовка доклада, выступления:</u>*** Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: ***<u>Подготовка реферата:</u>*** В рамках

														реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка к текущему контролю:</u>*** Повторение материала по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики." ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и

														задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Материалы линейной и нелинейной оптики." материалу. ***<u>Изучение материалов литературных источников:</u>*** [1], 1-384 [2], 12-360 [3], 21-287
6	Электреты	19		5	-	3	-	-	-	-	-	11	-	***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Электреты" материалу. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: ***<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u>*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:
6.1	Электреты	19		5	-	3	-	-	-	-	-	11	-	

														Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Электреты" ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Электреты" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***Подготовка доклада, выступления:*** Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Электреты и подготовка к контрольной работе ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***Подготовка реферата:*** В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту

														предлагаются следующие варианты: ***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Электреты". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Электреты" ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Электреты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 1-384 [2], 12-360 [3], 21-287
7	Жидкие кристаллы	18		4	-	3	-	-	-	-	-	11	-	***Подготовка расчетно-графического задания:*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***Подготовка доклада, выступления:***
7.1	Жидкие кристаллы	18		4	-	3	-	-	-	-	-	11	-	

														Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: ***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Жидкие кристаллы" ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Жидкие кристаллы и подготовка к контрольной работе ***Подготовка курсовой работы:*** Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Жидкие кристаллы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Проведение эксперимента:*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование: ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Жидкие кристаллы" ***Подготовка расчетных заданий:*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Жидкие кристаллы". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В

														качестве задания используются следующие упражнения: ***<u>Подготовка реферата:</u>*** В рамках реферативной части студенту необходим провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: ***<u>Проведение исследований:</u>*** Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: ***<u>Подготовка к лабораторной работе:</u>*** Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Жидкие кристаллы" материалу. ***<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***<u>Подготовка домашнего задания:</u>*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Жидкие кристаллы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***<u>Подготовка курсового проекта:</u>*** Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы

														оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 1-384 [2], 12-360 [3], 21-287
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	**144.0**		**32**	**-**	**16**	**-**	**-**	**-**	**-**	**0.3**	**78**	**17.7**	
	Итого за семестр	**144.0**		**32**	**-**	**16**	**-**		**-**		**0.3**	**95.7**		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты

1.1. Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты

Классификация активных диэлектриков по типам структур и основным физическим эффектам. Сегнето- и антисегнетоэлектрические фазовые переходы. Эффекты переключения и энергонезависимая память на сегнетоэлектриках. Позисторный эффект в сегнетополупроводниках. Нелинейные эффекты..

2. Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках

2.1. Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках

Периодические наноразмерные доменные структуры в сегнетоэлектрических кристаллах, применение наноразмерных сегнетоэлектрических материалов. Термодинамическая и динамическая теории сегнетоэлектриков. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках. Особенности технологии получения сегнетоэлектрических пленок вакуумными, химическими и нетрадиционными способами. Технология и характеристики полимерных пленок активных диэлектриков..

3. Параэлектрики

3.1. Параэлектрики

Параэлектрики при нормальных и низких температурах. Применение криопараэлектриков в микроэлектронных устройствах. Особенности технологии и расчета планарных СВЧ –элементов. Основные параметры и частотные свойства ВЧ и СВЧ устройств на планарных сегнетоконденсаторах..

4. Пироэффект и пьезоэффект.

4.1. Пироэффект и пьезоэффект.

Пироэффект и пироэлектрические преобразователи энергии для электроники. Элементы расчета пироэлектрических преобразователей. Физические основы пьезоэффекта. Пьезоэлектрические материалы и пленки на основе сегнетоэлектриков, полимеров, композиционных пьезоэлектриков, биополимеров, природных материалов. Расчет основных параметров пьезоэлектриков. Поверхностные акустические волны в устройствах на пьезоэлектриках и пьезоэлектрических пленочных структурах; особенности технологии и расчета основных характеристик..

5. Материалы линейной и нелинейной оптики.

5.1. Материалы линейной и нелинейной оптики.

Активные диэлектрики основные материалы линейной и нелинейной оптики. Применение для модуляции и демодуляции оптического сигнала, в преобразовании частоты когерентного излучения, генерации гармоник, параметрической генерации света..

6. Электреты

6.1. Электреты

Физика электретов, их свойства, особенности технологии и применение..

7. Жидкие кристаллы

7.1. Жидкие кристаллы

Жидкие кристаллы, классификация, фазовые переходы, нелинейные эффекты, применение..

3.3. Темы практических занятий

1. Исследование электроптических свойств материалов линейной оптики;
2. Исследование частотной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков;
3. Исследование гистерезисных параметров активных диэлектриков;
4. Исследование вольтамперной характеристики активных диэлектриков. Варисторный эффект;
5. Исследование температурной зависимости электропроводности активных диэлектриков. Позисторный эффект;
6. Исследование пъезоэлектрических свойств активных диэлектриков;
7. Исследование пироэлектрических свойств активных диэлектриков;
8. Исследование температурной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь активных диэлектриков.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Параэлектрики"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Пироэффект и пьезоэффект."
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Материалы линейной и нелинейной оптики."
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Электреты"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Жидкие кристаллы"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Параэлектрики"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Пироэффект и пьезоэффект."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Материалы линейной и нелинейной оптики."
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электреты"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Жидкие кристаллы"

Индивидуальные консультации по курсовому проету /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
2. Консультации проводятся по разделу "Параэлектрики"
3. Консультации проводятся по разделу "Пироэффект и пьезоэффект."
4. Консультации проводятся по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики."
5. Консультации проводятся по разделу "Электреты"
6. Консультации проводятся по разделу "Жидкие кристаллы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "1"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Параэлектрики"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Пироэффект и пьезоэффект."
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Материалы линейной и нелинейной оптики."
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электреты"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Жидкие кристаллы"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	
Знать:									
методы контроля и исследования параметров материалов активных диэлектриков	ИД-1$_{ПК-1}$	+							Тестирование/КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики"
параметры перспективных активных диэлектриков; уметь	ИД-1$_{ПК-1}$		+						Расчетно-графическая работа/КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков"
характеристики методов исследования материалов активных диэлектриков	ИД-3$_{ПК-2}$			+	+				Расчетно-графическая работа/КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" Контрольная работа/КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества"
Уметь:									
применять параметры материалов активных диэлектриков для расчета характеристик образцов на основе численных методов расчета	ИД-1$_{ПК-1}$					+			Расчетно-графическая работа/КМ-2 Расчетное задание №1 "Расчет параметров структур с применением активных диэлектриков" Контрольная работа/КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества"
выбирать активные диэлектрики с заданными свойствами	ИД-1$_{ПК-1}$						+		Контрольная работа/КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков"
выбирать методы исследования материалов активных диэлектриков	ИД-3$_{ПК-2}$							+	Контрольная работа/КМ-4. Контрольная работа №2. Методы контроля и исследования параметров активных диэлектриков"

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

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

Форма реализации: Письменная работа

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №2)

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

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Сорокин В. С.,Антипов Б. Л.,Лазарева Н. П.- "Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (384 с.) https://e.lanbook.com/book/212243;
2. Сорокин В. С.,Антипов Б. Л.,Лазарева Н. П.- "Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники." Т. 2, (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (380 с.) https://e.lanbook.com/book/238514;
3. Палатников, М. Н. Сегнетоэлектрические твердые растворы на основе оксидных соединений ниобия и тантала: синтез, исследование структурного упорядочения и физических характеристик / М. Н. Палатников, Н. В. Сидоров, В. Т. Калинников, Рос. акад. наук, Кольский научн. центр, ин-т химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева . – СПб. : Наука, 2002 . – 304 с. - ISBN 5-02-024948-3 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);

5. Windows Server / Серверная операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. **ЭБС Лань** - https://e.lanbook.com/
2. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/
3. **База данных Scopus** - http://www.scopus.com
4. **Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)** - http://elib.mpei.ru/login.php
5. **Портал открытых данных Российской Федерации** - https://data.gov.ru
6. **База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ** - https://rosmintrud.ru/opendata
7. **База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ** - http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/
8. **База открытых данных Министерства экономического развития РФ** - http://www.economy.gov.ru
9. **Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ"** - https://www.polpred.com
10. **Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»** - https://openedu.ru
11. **Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии** - http://protect.gost.ru/
12. **Открытая университетская информационная система «РОССИЯ»** - https://uisrussia.msu.ru

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-301, Лаборатория полупроводниковых приборов и компонентов	стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для самостоятельной работы	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие

Помещения для консультирования	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Активные диэлектрики

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ-1 Тест №1. "Сегнетоэлектрики" (Тестирование)

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

КМ-3 КМ-3 Контрольная работа №1. "Теория сегнетоэлектричества" (Контрольная работа)

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

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты					
1.1	Классификация активных диэлектриков. Нелинейные эффекты		+			
2	Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках					
2.1	Сегнетоэлектрики. Размерные эффекты в сегнетоэлектрических пленках			+		
3	Параэлектрики					
3.1	Параэлектрики			+	+	
4	Пироэффект и пьезоэффект.					
4.1	Пироэффект и пьезоэффект.			+	+	
5	Материалы линейной и нелинейной оптики.					
5.1	Материалы линейной и нелинейной оптики.			+	+	
6	Электреты					
6.1	Электреты					+
7	Жидкие кристаллы					
7.1	Жидкие кристаллы					+

Вес КМ, %:	25	25	25	25