

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФРТЭ _____ Небольсин В.А.
«25» февраля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Физика полярных диэлектриков и устройств на их основе»

Направление подготовки - 11.04.04 Электроника и микроэлектроника

Профиль

Квалификация выпускника - магистр

Нормативный период обучения - 2 года

Форма обучения - очная

Год начала подготовки - 2020

Автор программы _____ /Гриднев С.А./

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела _____ /Костюченко А.В./

Руководитель ОПОП _____ /Костюченко А.В./

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: теоретически и практически подготовить будущих специалистов в области физики диэлектриков и полярных нелинейных диэлектрических материалов к знанию закономерностей, определяющих влияние электрической поляризации материалов на их физические свойства, к освоению методов получения материалов, способов измерения их свойств и сформировать у студента универсальные, предметно-специализированные компетенции, способствующие уверенной ориентации будущих магистров в современном физическом материаловедении.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование у студентов знаний о структурных особенностях и методах получения полярных диэлектриков, о физических механизмах, обуславливающих появление новых свойств у спонтанно поляризованных материалов, о физических свойствах, проявляемых полярными диэлектрическими материалами, и об основных направлениях применения полярных диэлектриков в различных областях электронной техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика полярных диэлектриков и устройства на их основе» относится к дисциплинам вариативной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физика полярных диэлектриков и устройства на их основе» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 – Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития функциональной электроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

ПК-2 - Способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства функциональной электроники, работающих на новых физических принципах.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	Знать требования нормативных правовых актов, определяющих принятие решений при разработке новых материалов электронной техники с учетом требований безопасности и экологичности;
	Уметь проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности;
	Владеть способностью решать проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ.
ПК-2	Знать, как осуществлять выбор компонент и режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого полярного диэлектрика;
	Уметь объяснять основные наблюдаемые эффекты в полярных диэлектрических материалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий;
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов полярных диэлектриков.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физика полярных диэлектриков и устройства на их основе» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	52	16	36		
В том числе:					
Лекции	34	16	18		
Практические занятия (ПЗ)	18	-	18		
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-		
Самостоятельная работа	92	38	54		
Курсовая работа	+		+		
Контроль	36		36		
Вид промежуточной аттестации – зачет	+	+	+		
Общая трудоемкость час	180	54	126		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий****Очная форма обучения**

№ п.п.	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц.	Прак. зан.	Контроль	СРС	Всего час.
1	Введение.	История открытия сегнетоэлектриков. Значение и задачи курса «Физика полярных диэлектриков». Электрический момент как характеристика распределения зарядов в структуре кристаллов. Полярные, неполярные и полярно-нейтральные структуры. Индуцированная и спонтанная поляризация. Пироэлектрики. Сегнетоэлектрики. Симметрия кристаллов и спонтанная поляризация. Принцип Неймана.	4	2	4	10	20
2	Поляризация диэлектриков. Основные классы полярных диэлектриков	Полярные классы кристаллов. Спонтанная поляризация. Условие существования спонтанной поляризации в дипольных кристаллах.	2	2	4	10	20
3	Особенности свойств сегнетоэлектриков	Диэлектрическая проницаемость свободного и зажатого кристалла. Особенности диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков в сильных и слабых электрических полях. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости, спонтанной поляризации и коэрцитивного поля модельных сегнетоэлектриков: сегнетовой соли, триглицинсульфата, дигидрофосфата калия, титаната бария. Точка Кюри. Закон Кюри-Вейсса. Собственные и несобственные сегнетоэлектрики.	4	2	4	10	20
4	Теории возникновения сегнетоэлектричества в диэлектриках	Особенности термодинамического описания фазовых переходов первого и второго рода. Условие существования спонтанной поляризации. Температурная эволюция кривых термодинамического потенциала в окрестности точки Кюри. Законы «двойки» и «четверки» для температурной зависимости диэлектрической проницаемости.	4	2	4	10	20
5	Влияние электрического поля на свойства сегнетоэлектриков	Закон Кюри-Вейсса для температурной зависимости диэлектрической проницаемости вблизи точки фазового перехода. Смещение точки Кюри под действием постоянного электрического поля. Закон Видера.	4	2	4	10	20

6	Доменная структура сегнетоэлектриков	Причина разбиения кристалла на домены. Равновесная ширина домена. Симметрия кристалла и геометрия доменов. Равновесная форма домена. Границы между доменами. Структура доменных границ. Принципы упаковки доменов в реальных сегнетоэлектрических кристаллах.	4	2	4	10	20
7	Динамика доменов	Динамика доменов. Прямые и интегральные методы изучения переполаризации сегнетоэлектриков. Модель Миллера и Вайнрайха. Импульсная переполаризация. Схема Мерца. Различные стадии процесса переполаризации.	4	2	4	10	20
8	Электропроводность полярных диэлектриков	Позисторный эффект в сегнетоэлектриках – полупроводниках. Модель Хейванга-Джонкера. Сопоставление с экспериментом. Зависимость величины температурного коэффициента сопротивления от концентрации легирующей примеси, технологии получения, газовой атмосферы и др. Природа минимума в концентрационной зависимости электросопротивления от концентрации примеси.	4	2	4	10	20
9	Внутреннее трение в сегнетоэлектриках	Аномальное поглощение звука вблизи точки Кюри. Механизм Ландау-Халатникова. Влияние доменной структуры, пространственно неоднородных флуктуаций поляризации, дефектов кристаллической решетки на аномальное поглощение звука в области фазового перехода.	4	2	4	10	20
Итого:			34	18	36	92	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта во 2 семестре.

6.1. Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

Поставленная при выполнении курсовой работы цель достигается решением следующих задач:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами при освоении теоретического материала дисциплины «Физика полярных диэлектриков» в форме аудиторных занятий: лекций и практик;
- приобретение опыта самостоятельной работы с научной, технической, справочной, патентной литературой, ГОСТами и т.д.;
- практическое применение знаний, полученных при изучении общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин, использование средств вычислительной техники, методов расчета, а также умение анализировать результаты исследований новых материалов с позиций совершенствования элементов и приборов электронной техники;
- выработка и закрепление навыков построения цепи логических рассуждений в поисковых ситуациях, а также грамотного и доказательного изложения результатов работы, их отстаивание в дискуссиях и общественных выступлениях.

6.2. Тематика курсовых работ

Курсовые работы по дисциплине «Физика полярных диэлектриков и устройства на их основе» охватывают широкий круг направлений, по которым проводятся исследования в современном физическом материаловедении. На основе анализа литературных источников (в основном, статей в научных журналах) студент должен установить цепочку связей "состав - структура - свойства" в одном из новых материалов, обладающих полярными свойствами, найти условия, при которых обеспечиваются экстремальные значения одного или нескольких его физических свойств, и основные применения материала в технике.

В курсовой работе рекомендуется использовать новейшие программные продукты (текстовые, вычислительные и графические редакторы) для выполнения расчетно-теоретической части работы и ее оформления в пояснительной записке. Работу желательно целиком выполнить на персональном компьютере с применением текстового редактора Word и встроенного в него редактора формул.

Тематика курсовых работ формируется из составленного лектором банка последних достижений физического материаловедения в области физики полярных диэлектриков и родственных материалов. Студент выбирает тему самостоятельно, однако при выборе темы учитывается степень подготовленности студента, его участие в научно-исследовательских работах кафедры и лабораторий.

6.3. Примерный перечень тем курсовых работ:

1. Особенности детерминированного хаоса в сегнетоэлектриках и его связь с доменной структурой.
2. Однофазные магнитоэлектрические мультиферроики и их свойства.
3. Релаксорное состояние в сегнетоэлектрических твердых растворах.
4. Свойства аморфных материалов на основе полярных диэлектриков.
5. Влияние сегнетоэластической доменной структуры на свойства высокотемпературных сверхпроводников.
6. Способы повышения магнитоэлектрического отклика в микрокомпозитах и нанокompозитах.
7. Характерные свойства дипольных стекол в кристаллических твердых растворах сегнетоэлектрик - антисегнетоэлектрик с конкурирующим взаимодействием.
8. Способы повышения магнитоэлектрического отклика в микрокомпозитах и нанокompозитах.
9. Методы наблюдения доменной структуры в сегнетоэлектрических кристаллах.
10. Пирозлектрический эффект в нецентросимметричных кристаллах и его применения.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1. Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-3	Знать требования нормативных правовых актов, определяющих принятие решений при	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при опросах.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	разработке новых материалов электронной техники с учетом требований безопасности и экологичности;			
	Уметь проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по практике НИР в лабораториях кафедры.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью решать проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	Знать, как осуществлять выбор компонент и режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого полярного диэлектрика;	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь объяснять основные наблюдаемые эффекты в полярных диэлектрических материалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий;	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов полярных диэлектриков.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по практике НИР.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1, 2 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	Знать требования нормативных пра-	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	вовых актов, определяющих принятие решений при разработке новых материалов электронной техники с учетом требований безопасности и экологичности;			
	Уметь проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью решать проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	Знать, как осуществлять выбор компонент и режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого полярного диэлектрика;	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь объяснять основные наблюдаемые эффекты в полярных диэлектрических материалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов полярных диэлектриков	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
-------------	---	---------------------	---------	--------	--------	----------

ПК-3	Знать требования нормативных правовых актов, определяющих принятие решений при разработке новых материалов электронной техники с учетом требований безопасности и экологичности;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью решать проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественный и количественный анализ.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	Знать, как осуществлять выбор компонент и режимы технологического процесса для получения требуемых характеристик у формируемого полярного диэлектрика;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь объяснять основные наблюдаемые эффекты в полярных диэлектрических материалах с позиции фундаментальных физических взаимодействий;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	полярных ди- электриков.					
--	-----------------------------	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Что является количественной мерой распределения зарядов в структуре кристалла?	1) поляризация 2) функция распределения 3) электрический момент 4) электропроводность
2	На какие группы делятся все кристаллы по наличию или отсутствию в них полярных направлений?	1) неполярные 2) полярно-нейтральные 3) полярные 4) дипольные
3	Что принимается за единицу измерения дипольного момента в системе СИ?	1) Кл/м 2) Кл/м ² 3) Кл·м 4) Кл·м ²
4	Как называют кристаллы, в которых центры тяжести всех положительных и отрицательных зарядов совпадают?	1) бездипольные 2) дипольные 3) асимметричные 4) centrosимметричные
5	Как отобразить те классы кристаллов, которые обладают определенным физическим свойством?	1) определить симметрию кристалла 2) использовать принцип Неймана 3) использовать принцип Кюри 4) знать симметрию свойства
6	Сколько классов кристаллов относится к неполярным кристаллам?	1) 1 2) 11 3) 10 4) 20
7	Сколько классов кристаллов относится к полярным кристаллам?	1) 20 2) 11 3) 10 4) 15
8	Переключается ли поляризация в пироэлектриках под действием внешнего электрического поля?	1) не переключается 2) переключается 3) частично переключается 4) зависит от кристалла

9	Электрострикция является эффектом, который зависит от электрического поля...	1) линейно 2) квадратично 3) не зависит от поля 4) экспоненциально
10	Пьезоэффект является эффектом, который зависит от электрического поля...	1) линейно 2) квадратично 3) не зависит от поля 4) экспоненциально

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

	Вопрос	Варианты ответа
1	Необходимое и достаточное условие, чтобы кристалл был сегнетоэлектриком	1) принадлежать к 10 полярным классам 2) обладать структурным фазовым переходом 3) переключаться во внешнем электрическом поле 4) обладать высокой диэлектрической проницаемостью
2	Размерность спонтанной электрической поляризации	1) Кл/м 2) Кл/м ² 3) Кл·м 4) Кл·м ²
3	Количественная мера спонтанной поляризации	1) объемный заряд 2) поверхностная плотность заряда 3) дипольный момент 4) плотность состояний
4	Спонтанная поляризация в дипольных кристаллах возникает только в случае...	1) гармонических колебаний 2) ангармонических колебаний 3) резонансных колебаний 4) собственных колебаний
5	Какая из классификаций сегнетоэлектриков наиболее полная	1) по числу направлений P_s 2) кристаллохимическая 3) кристаллофизическая 4) по характеру фазового перехода
6	Если кристалл содержит две подрешетки, спонтанно поляризованные в противоположных направлениях, то он является...	1) сегнетоэлектриком 2) антисегнетоэлектриком 3) сегнетиэлектриком 4) параэлектриком
7	Сегнетоэластик – это кристалл, являющийся механическим аналогом	1) ферромагнетика 2) антиферромагнетика 3) сегнетоэлектрика 4) парамагнетика
8	Сегнетомагнетик – это кристалл, который является одновременно...	1) сегнетоэлектриком и ферромагнетиком

		2) сегнетоэлектриком и сегнетоэластиком 3) ферромагнетиком и сегнетоэластиком 4) сегнетоэлектриком и антиферромагнетиком
9	Ферроик – это кристалл, в котором спонтанно возникает либо поляризация, либо деформация или намагниченность?	1) нет 2) да 3) может быть 4) две величины
10	Мультиферроик – это кристалл в котором одновременно возникает ...	1) поляризация и деформация 2) поляризация и намагниченность 3) намагниченность и деформация 4) поляризация и проводимость

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

	Вопрос	Варианты ответа
1	Сегнетоэлектрики применяются для изготовления:	1) резисторов; 2) конденсаторов; 3) датчиков давления; 4) пьезотрансформаторов.
2	Размерность спонтанной электрической поляризации	1) Кл/м 2) Кл/м ² 3) Кл·м 4) Кл·м ²
3	Количественная мера спонтанной поляризации	1) объемный заряд 2) поверхностная плотность заряда 3) дипольный момент 4) плотность состояний
4	Обладает ли пьезоэффектом полидоменный сегнетоэлектрик с центросимметричной парафазой?	1) не обладает 2) обладает при малых полях 3) обладает всегда 4) обладает в сегнетофазе
5	Коэффициенты разложения термодинамического потенциала можно определить из...	1) диэлектрических измерений; 2) петель гистерезиса P(E); 3) измерений проводимости; 4) тепловых измерений.
6	Зависит ли равновесная ширина домена от размеров образца?	1) зависит 2) не зависит 3) увеличивается 4) уменьшается
7	Какие условия должны соблюдаться при разбиении сегнетоэлектриков на домены?	1) минимум энергии; 2) сплошность кристалла; 3) электронейтральность; 4) стабильность доменных конфигураций.

8	Спонтанная поляризация титаната бария имеет величину	1) 3 мкКл/см ² 2) 5 мкКл/см ² 3) 25 мкКл/см ² 4) 50 мкКл/см ²
9	Закон Кюри-Вейсса для сегнетоэлектриков имеет вид...	1) $\chi = \frac{C}{T}$ 2) $\chi = \frac{C}{T - T_C}$ 3) $\chi = CT^2$ 4) $\chi = \frac{C}{T - T_N}$
10	В какую сторону электрическое поле смещает точку Кюри?	1) высоких температур; 2) низких температур; 3) не смещает; 4) зависит от направления поля.

7.2.4. Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Классификации сегнетоэлектриков.
2. Спонтанная поляризация. Условие существования спонтанной поляризации в дипольных кристаллах.
3. Полярные классы кристаллов. Принцип Неймана.
4. Основные свойства сегнетоэлектриков.
5. Диэлектрическая проницаемость и структура кристаллов.
6. Закон Кюри-Вейсса.
7. Гистерезис и спонтанная поляризация.
8. Температурные зависимости E_k и $P_{сп}$ основных сегнетоэлектриков.
9. Диэлектрическая нелинейность сегнетоэлектриков в постоянном и переменном электрическом поле.
10. Применения диэлектрической нелинейности.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Укажите вопросы для экзамена

1. Дипольные моменты и структура кристаллов. Принцип Неймана. Полярные классы кристаллов. Сегнетоэлектрики.
2. Спонтанная поляризация. Условие существования спонтанной поляризации в дипольных кристаллах.
3. Классификации сегнетоэлектриков.
4. Антисегнетоэлектрики. Сегнетиэлектрики. Сегнетоферромагнетики. Сегнетоэластики. Ферроики. Мультиферроики.
5. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости основных сегнетоэлектриков. Закон Кюри-Вейсса.
6. Гистерезис и спонтанная поляризация. Схема Сойера-Гауэра.

7. Экспериментальное определение параметров сегнетоэлектрика по петле диэлектрического гистерезиса.
8. Температурные зависимости E_k и $P_{сп}$ основных сегнетоэлектриков.
9. Диэлектрическая нелинейность сегнетоэлектриков в постоянном электрическом поле. Применения диэлектрической нелинейности.
10. Диэлектрическая нелинейность сегнетоэлектриков в переменном электрическом поле.
11. Термодинамические функции и фазовые переходы 1-го и 2-го рода.
12. Термодинамическая теория сегнетоэлектриков, испытывающих фазовый переход 2-го рода.
13. Термодинамическая теория сегнетоэлектриков, испытывающих фазовый переход 1-го рода.
14. Экспериментальное определение коэффициентов разложения термодинамического потенциала.
15. Два направления развития микроскопической теории сегнетоэлектриков.
16. Модель локальных минимумов.
17. Ток диэлектрической адсорбции.
18. Особенности электропроводности сегнетоэлектриков.
19. Позисторный эффект. Модель Хейванга-Джонкера.
20. Доменная структура. Равновесная ширина домена.
21. Доменные границы. Структура доменной стенки.
22. Равновесная форма доменов.
23. Закономерности упаковки сегнетоэлектрических доменов.
24. Методы наблюдения доменной структуры: заряженных порошков, "росы", травления, оптический метод, НЖК и др.
25. Внутреннее трение. Меры и методы определения внутреннего трения.
26. Внутреннее трение при фазовых переходах. Модель Ландау-Халатникова.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Поляризация диэлектриков. Основные классы полярных диэлектриков	ПК-3, ПК-2	Тест
2	Особенности свойств сегнетоэлектриков	ПК-3, ПК-2	Тест, контрольная работа
3	Теории возникновения сегнетоэлектричества в диэлектриках	ПК-3, ПК-2	Тест
4	Влияние электрического поля на свойства сегнетоэлектриков	ПК-3, ПК-2	Контрольная работа
5	Доменная структура сегнетоэлектриков	ПК-3, ПК-2	Тест, контрольная работа
6	Электропроводность полярных диэлектриков	ПК-3, ПК-2	Тест, контрольная работа

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гриднев С.А. Физика полярных диэлектриков. - Саарбрюккен: Академическое издательство «Палмариум», 2014. – 219 с.
2. Гриднев С.А., Коротков Л.Н. Неупорядоченные полярные диэлектрики. - Саарбрюккен: Академ. изд-во Палмариум, 2013. – 170 с.
3. Гриднев С.А. Методические указания к подготовке к практическим занятиям (семинарам) по дисциплине «Физика полярных диэлектриков». - Воронеж: ВГТУ, 2013. – 60 с. (электронная форма)
4. Гриднев С.А. Методические указания к выполнению и оформлению курсовых работ по дисциплине «Физика полярных диэлектриков». - Воронеж: ВГТУ, 2015. – 20 с. (электронная форма).
5. Гриднев С.А. Диэлектрики с метастабильной электрической поляризацией (учебное пособие). - Воронеж: ВГТУ, 2005. - 117 с.
6. Гриднев С.А. Методические указания по подготовке научных работ к печати. - Воронеж: ВГТУ, 2006. - 43 с.
7. Струков Б.А., Леванюк А.П. Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах: Учеб. пособие: Для вузов – М.: Наука. Физматлит, 1995. - 304 с.
8. Рабе К.М., Ан Ч.Г., Трискон Ж.-М. Физика сегнетоэлектриков: современный взгляд – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 446 с.

8.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для осуществления образовательного процесса необходимо:

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой (221/1).
2. Научно-учебная лаборатория физических свойств сегнетоэлектриков (002/1) с научно-исследовательскими измерительными стендами, комплексами и оборудованием.
3. Научно-учебная лаборатория акустических методов исследования сегнетоэлектрических материалов (034/1) с измерительными стендами, комплексами и оборудованием.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физика полярных диэлектриков и устройства на их основе» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков по самостоятельному изучению отдельных тем дисциплины и доходчивому изложению материала в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Освоение дисциплины оценивается на этапе промежуточного контроля и на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы формул, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.

<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>