

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 10.08.2023 16:35:07
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько

«28»

июня

2022 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Физика диэлектриков

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.м.н., доцент Большакова Н.Н.

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью Описание электрических свойств и изучение методов и механизмов поляризации линейных диэлектриков.

Задачами освоения дисциплины являются изучение микроскопических механизмов и моделей поляризации, освоение методов расчета диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика диэлектриков» изучается в модуле «Диэлектрические материалы в радиофизике» Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 34 часа, лабораторные работы 34 часа;

самостоятельная работа: 40 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов. УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы.	ПК-4.2. Применяет методы анализа научно-технической информации. ПК-4.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет в 5 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции		Лабораторные работы		
		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП	
Макроскопические представления о поляризации диэлектриков. Различные механизмы поляризации диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Энергетические соотношения для поляризованного диэлектрика.	7	2				5
Микроскопические механизмы и модели поляризации. Особенности деформации (упругой и квазиупругой) поляризации. Электронно-деформационная поляризация. Ионно-деформационная поляризация. Обобщенная модель деформационной поляризации. Особенности тепловой и релаксационной поляризации. Дипольно-релаксационная поляризация. Электронно-релаксационная поляризация.	15	4		6		5
Методы расчета диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость газов. Приближение Лоренца при расчете внутреннего поля. Поляризация ионных кристаллов. Кристаллы с высокой диэлектрической проницаемостью. Поляризация полярных диэлектриков.	13	4		4		5

Макроскопические представления о диэлектрических потерях. Процесс установления диэлектрической поляризации. Диэлектрические потери в диэлектриках с релаксационной поляризацией. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость, соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков. Диэлектрические потери неоднородных диэлектриков	11	4		2		5
Различные механизмы потерь в диэлектриках. Потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков. Потери при релаксационной поляризации. Потери при деформационной поляризации.	17	4		8		5
Диэлектрические потери в окрестности дисперсии. Релаксационный диэлектрический спектр. Размытие спектра. Релаксационные потери при различных временах релаксации. Диаграмма Коула-Коула. Резонансный диэлектрический спектр. Размытие спектра.	22	6		8		8
Пробой твердых диэлектриков. Тепловой пробой. Теория Вагнера. Три вида теплового пробоя. Электрический пробой. Теория Роговского. Теория Иоффе. Квантовая теория электрического пробоя. Пробой электронного происхождения. Электрический пробой в "толстом слое". Стадии пробоя твердых диэлектриков. Электропроводность щелочно-галогенидных кристаллов	9	4		4		5
Электреты.	7	2		2		3
ИТОГО	108	34		34		40

III. Образовательные технологии

Учебная программа- наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Макроскопические представления о поляризации диэлектриков. Различные механизмы поляризации диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Энергетические соотношения для поляризованного диэлектрика.	<i>Лекции,</i>	<i>Традиционная лекция</i>

<p>Микроскопические механизмы и модели поляризации. Особенности деформации (упругой и квазиупругой) поляризации. Электронно-деформационная поляризация. Ионно-деформационная поляризация. Обобщенная модель деформационной поляризации. Особенности тепловой и релаксационной поляризации. Дипольно-релаксационная поляризация. Электронно-релаксационная поляризация.</p>	<p><i>Лекции, лабораторные работы</i></p>	<p><i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>Методы расчета диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость газов. Приближение Лоренца при расчете внутреннего поля. Поляризация ионных кристаллов. Кристаллы с высокой диэлектрической проницаемостью. Поляризация полярных диэлектриков.</p>	<p><i>Лекции, лабораторные работы</i></p>	<p><i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>Макроскопические представления о диэлектрических потерях. Процесс установления диэлектрической поляризации. Диэлектрические потери в диэлектриках с релаксационной поляризацией. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость, соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков. Диэлектрические потери неоднородных диэлектриков</p>	<p><i>Лекции, лабораторные работы</i></p>	<p><i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>Различные механизмы потерь в диэлектриках. Потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков. Потери при релаксационной поляризации. Потери при деформационной поляризации.</p>	<p><i>Лекции, лабораторные работы</i></p>	<p><i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>Диэлектрические потери в окрестности дисперсии. Релаксационный диэлектрический спектр. Размытие спектра. Релаксационные потери при различных временах релаксации. Диаграмма Коула-Коула. Резонансный диэлектрический спектр. Размытие спектра.</p>	<p><i>Лекции, лабораторные работы</i></p>	<p><i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i></p>
<p>Пробой твердых диэлектриков. Тепловой пробой. Теория Вагнера. Три вида теплового пробоя. Электрический пробой. Теория Роговского. Теория</p>	<p><i>Лекции, лабораторные работы</i></p>	<p><i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i></p>

Иоффе. Квантовая теория электрического пробоя. Пробой электронного происхождения. Электрический пробой в “толстом слое”. Стадии пробоя твердых диэлектриков. Электропроводность щелочно-галогенидных кристаллов		
электреты	<i>Лекции, лабораторные работы</i>	<i>Традиционная лекция Дискуссия Решение индивидуальных задач</i>

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Форма проведения экзамена: студенты, освоившие программу курса, могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач:

УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов.

УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.

Задание:

Ответ на вопрос: 1. Описать диэлектрическую проницаемость в неполярных жидкостях и газах. Уравнение Клаузиуса-Мосотти.

2. Описать Различные механизмы поляризации диэлектриков.

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

- Имеется полный ответ – 3 балла
- Ответ недостаточно обоснован – 2 балла
- Дан неверный ответ – 0 баллов

ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы:

ПК-4.2. Применяет методы анализа научно-технической информации.

ПК-4.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Задание:

Решить практическую задачу: 1. Рассчитать тангенс угла диэлектрических потерь при параллельных схемах замещения.

2. Построить диаграмму Коула-Коула для релаксационных диэлектрических спектров.

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

- Имеется полный ответ – 3 балла
- Ответ недостаточно обоснован – 2 балла
- Дан неверный ответ – 0 баллов

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Ионно-деформационная поляризация.
2. Полярные и неполярные молекулы.
3. Дипольно-деформационная поляризация
4. Особенности деформационной (упругой и квазиупругой) поляризации.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Ионно-релаксационная поляризация.
2. Дипольно-релаксационная поляризация.
3. Электронно-деформационная поляризация.
4. Диэлектрические потери при релаксационной поляризации.

5. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков.
2. Уравнение Клаузиуса-Мосотти.
3. Диэлектрические потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков.
4. Локальное поле в приближение Лоренца.
5. Уравнение Дебая

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ОПК-2 «Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии»

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Макроскопические представления о поляризации диэлектриков.
2. Различные механизмы поляризации диэлектриков.
3. Диэлектрическая проницаемость.
4. Энергетические соотношения для поляризованного диэлектрика.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Методы расчета тангенса угла диэлектрических потерь при параллельных схемах замещения.
2. Методы расчета тангенса угла диэлектрических потерь при последовательных схемах замещения

3. Построение диаграмм Коула-Коула для релаксационных диэлектрических спектров.
4. Потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков.
5. Тепловой пробой. Теория Вагнера. Три вида теплового пробоя.
6. Потери при релаксационной поляризации.
7. Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается использовать методики проведения современного физического эксперимента в области физики диэлектриков

Лаб.раб.№1 Определение ϵ и $\operatorname{tg}\delta$ диэлектриков методом куметра.

Лаб.раб.№2. Определение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсаторов с помощью мостов Сотти, Вина и Шеринга

Лаб.раб.№3 Изучение мостов переменного тока.

Лаб.раб.№4 Исследование электропроводности щелочно-галогидных кристаллов в зависимости от температуры

Лаб.раб.№7. Наблюдение дислокаций в щелочно-галогидных кристаллах

Лаб.раб.№8. Пьезоэлектрические свойства кристаллов (на примере кристаллов кварца)

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов / В.А. Головнин, И.А. Каплунов, О.В. Малышкина и др. - М.: Техносфера, 2013. - 272 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233464>

б) Дополнительная литература:

1. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие. - М.: Техносфера, 2012. - 560 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

1. Планы лабораторных занятий и методические рекомендации к ним. Лабораторные занятия включают в себя экспериментальное или теоретическое исследование свойств и процессов в полупроводниковых материалах и структурах на их основе, а также его обсуждение в группе.

2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

Самостоятельная работа студентов предполагает:

–обязательное выполнение домашних заданий, предусмотренных лекционными и лабораторными занятиями;

–углубленное изучение литературы и решение задач по пройденным темам и по вопросам, дополнительно указанным преподавателем;

–использование материалов рабочей программы для систематизации знаний и подготовке к занятиям и контрольным работам.

Перечень вопросов для систематизации знаний:

1. Макроскопическое электрическое поле.
2. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков.
3. Диэлектрическая проницаемость в неполярных жидкостях и газах. Уравнение Клаузиуса-Мосотти.
4. Диэлектрические потери при деформационной поляризации.
5. Поляризация полярных диэлектриков. Модель Кирквуда.
6. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения.
7. Диэлектрические потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков.
8. Поляризация полярных диэлектриков. Модель Онзагера.
9. Локальное поле в приближение Лоренца.
10. Уравнение Дебая.
11. Диэлектрические потери при релаксационной поляризации.
12. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения.

3. Требования к рейтинг-контролю.

Результаты промежуточной аттестации выставляются на основе текущего контроля успеваемости (рейтинг-контроль, баллы за выполненные практические задания суммируются) и по результатам зачета.

Рейтинг

1. Первая контрольная точка. Содержание модуля 1: Раздел 1 – 3.

40 баллов, из них 20 – текущая работа, 10 – посещаемость, 10 – контрольная работа. 9-ая неделя.

2. Вторая контрольная точка. Содержание модуля 2: Раздел 4 – 7.

60 баллов, из них 40 – текущая работа, 10 – посещаемость, 10 – контрольная работа. 18-ая неделя

Критерии: работа на каждом практическом занятии – по 5 баллов (текущая работа), правильный ответ на один вопрос контрольной работы – 2 балла.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ и отчеты о выполнении студентами заданий на лабораторных занятиях в качестве форм рубежного контроля в конце каждого модуля. Для подготовки к рубежному контролю предполагается выполнение домашних заданий по каждой пройденной в течение модуля теме и использование банка контрольных вопросов и заданий рабочей программы.

VII. Материально-техническое обеспечение

<p>Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экран настенный ScreenMedia 153*203 2. Ноутбук Samsung R 510 3. Проектор LG RD-JT90, DLP, 2 200 ANSI Lm, 4. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест 5. Вольтметр Щ 1516 6. Вольтметр В-7-26 7. Вольтметр В-3-39 8. Генератор ГЗ-109 9. Магазин сопротивлений Р4830 10. Мост Р524 11. Мост Р-571 12. Измеритель В5-509 13. Микротвердомер ПМТ-3 14. Осциллограф С-1-65 15. Вольтметр В-3-42 16. Усилитель У4-28 17. Генератор ГЗ-34 18. Прибор Е7-11 19. Генератор ГЗ-102 20. Генератор Г-4-158 21. Частотометр ЧЗ-34 22. Вольтметр В-3-38 (2 шт) 23. Прибор КМС-6 24. Вольтметр В-7-27 25. Печь СУОП044 26. Источник питания Б-5-50 27. Измеритель Х1-38 28. Измеритель разности фаз Ф2-16 29. Прибор Picoammeter 6485 30. Пробник напряжения до 2500 В 	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise MS Office 365 pro plus Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно</p>
---	---	--

	<p>31. Измеритель фаз Е-4-11 32. Термостат ИТИ 33. Прибор Х1-46 34. Выпрямитель ТЕС 35. Осциллограф С-1-68 36. Усилитель У5-11 37. Микроскоп 7М-9</p>	
<p>Учебно-научная лаборатория физики сегнето – и пирозлектриков № 45 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Компьютерный измерительный комплекс Cel 1.2/256Mb/Монитор Rover Scan 115GS"/плата сбора данных интегрированная ЛА-н150-14РСІ 2. Компьютер (монитор Philips 206VL, Intel Pen CPU G840/ 2x2048 Mb/ HDD 500 Gb/клав (2 шт) 3. Принтер Xerox Phaser 3150 4. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5"(3 шт) 5. Микроскоп МВДС 6. Усилитель У4-28 7. Мост ВМ-509 8. Усилитель У5-11 (2 шт) 9. Мост Е-7-4 10. Измеритель ИМО-3 (2 шт) 11. Усилитель У3-33 12. Частотометр 13. Источник питания (2 шт) 14. Вольтметр (2 шт) 15. Милливольтметр 16. Вольтметр В-3-38 17. Выпрямитель ТЕС 18. Измеритель разности фаз Ф2-16 19. Измеритель Е-7 20. Осциллограф С-1 (6 шт) 21. Ультротермо УТО 22. Термостат У-4 23. Генератор Г3-112/1 24. Генератор Г3-33 25. Генератор Г3-112 (2 шт) 26. Генератор Г3-36 27. Усилитель У2-8</p>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise MS Office 365 pro plus Kaspersky Endpoint Security для Windows Архиватор 7-Zip - бесплатно Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно Unreal Commander - бесплатно Почта Outlook – бесплатно Origin 8.1 Sr2 - договор №13918/М41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»; Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011</p>

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего
--------	--------------------------------------	------------------------------	-----------------------------------

	ДИСЦИПЛИНЫ		изменения
1.			
2.			