

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Физика диэлектриков Б1.В.ДВ.7

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения)

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Лунев И.В.

Рецензент(ы):

Насыров И.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6152218

Казань
2018

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) главный инженер проекта Лунев И.В. Федеральный центр коллективного пользования физико-химических исследований веществ и материалов Приволжского Федерального округа КФУ , Lounev75@mail.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Физика диэлектриков" является изучение и установление зависимости между атомно-электронной структурой и различными физическими свойствами диэлектриков.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Курс предназначен для студентов 4 курса, 8 семестр

Б3.ДВ2 Профессиональный цикл, дисциплина по выбору

Для освоения дисциплины "Физика диэлектриков" необходимы знания по курсам: "Электродинамика", "Молекулярная физика", "Электричество и магнетизм", "Колебания и волны", "Физическая электроника", "Термодинамика и статистическая физика".

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для курсов: "Электродинамика СВЧ", "Радиотелекоммуникационные сети", "Основы диэлектрической спектроскопии".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные методы радиофизических измерений

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- типы связи в кристаллах, элементы зонной теории твердых тел, свойства диэлектриков, основы теории сегнетоэлектриков, пьезо- и пирозэлектриков;
- классификацию твердых тел по зонной модели на диэлектрики, полупроводники и металлы.

2. должен уметь:

- различать и рассчитать виды поляризации (электронная, ионная, ориентационная);
- устанавливать связь между проницаемостью и поляризуемостью, понимать влияние на эти параметры внешних факторов (давления, температуры и частоты внешнего поля);
- производить расчет внутреннего поля в диэлектрических телах (пластинка, шар, эллипсоид).

3. должен владеть:

полученными знаниями для практического применения в научно-исследовательской работе.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

проведения экспериментальных работ для исследования различных параметров диэлектриков.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Поляризация диэлектриков в постоянном поле	8	1-3	9	0	0	
2.	Тема 2. Электропроводность диэлектриков	8	4-6	9	0	0	
3.	Тема 3. Диэлектрические потери	8	7-9	9	0	0	Тестирование
4.	Тема 4. Пробой диэлектриков	8	10-12	9	0	0	Реферат
5.	Тема 5. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники	8	13	0	2	0	Тестирование Отчет
6.	Тема 6. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии	8	14	0	4	0	Отчет
7.	Тема 7. Работа ♦3. Эффект Фарадея	8	15	0	4	0	Отчет

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Работа \diamond 4. Временная диэлектрическая спектроскопия	8	16	0	4	0	Отчет
9.	Тема 9. Работа \diamond 5. Кинетика явлений намагничивания	8	17	0	4	0	Отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	18	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Поляризация диэлектриков в постоянном поле

лекционное занятие (9 часа(ов)):

Виды поляризации. Задачи теории поляризации диэлектриков. Определение электрической поляризации, поляризованности (вектора поляризации), поляризуемости. Основные формулы и соотношения. Классификация видов поляризации. Физическая суть каждого из видов поляризации. Понятие поляризуемости молекулы. Поляризация электронного смещения. Поляризация ионного смещения. Упруго-дипольная поляризация и ее зависимость от дипольного момента молекулы и энергии межмолекулярных связей. Ионно-релаксационная поляризация. Понятие о релаксации процесса. Зависимость ионно-релаксационной поляризации от различных факторов. Вывод уравнения для вектора поляризации и поляризуемости. Дипольно-релаксационная (дипольно-ориентационная) поляризация, ее сходство и отличие от ионно-релаксационной поляризации. Уравнение дипольно-релаксационной поляризуемости. Эффект насыщения. Межслойная (миграционная) поляризация. Математическая модель межслойной поляризации, базирующаяся на процессах в конденсаторе с двухслойным диэлектриком. Остаточный и абсорбционный токи. Основные сведения об электронно-релаксационной остаточной поляризации и поляризации ядерного смещения. Сегнетоэлектрики. Основные свойства сегнетоэлектриков: петля гистерезиса, температура Кюри, переходы 1-го и 2-го рода, структурные изменения, область применения сегнетоэлектриков. Закон Кюри - Вейса, классификация сегнетоэлектриков для переходов 1-го и 2-го рода. Элементы микроскопической теории спонтанной поляризации. Уравнение Клаузиуса - Мосотти. Определение макроскопического и локального поля в диэлектрике. Поле Лоренца в диэлектрике. Вывод уравнения напряженности локального поля. Вывод уравнения Клаузиуса - Мосотти. Теории Онзагера и Кирквуда для полярных жидкостей: допущения, основное уравнение, недостатки теории. Редукционный и структурный факторы. Зависимость диэлектрической проницаемости полярных жидкостей от температуры. Определение дипольных моментов полярных жидкостей. Поляризация неполярных твердых диэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры и давления. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости. Поляризация дипольных полимеров. Механизм поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры. Поляризация ионных кристаллов с малой диэлектрической проницаемостью (теория Борна). Поляризация ионных кристаллов с большой диэлектрической проницаемостью.

Тема 2. Электропроводность диэлектриков

лекционное занятие (9 часа(ов)):

Виды электропроводности. Природа сквозной электропроводности. Подвижность заряженных частиц. Виды электропроводности: ионная, электронная, молионная (электрофо-ретическая). Явления электролиза и электрофореза. Связь параметров, характеризующих электрические, термические, механические, влажностные, радиационные и другие свойства материалов с внешними условиями. Электропроводность газов. Ионизация газов. Зависимость подвижности ионов от различных факторов. Процесс рекомбинации газов: сущность, зависимость от времени. Зависимость тока от напряжения в газе. Ток насыщения. Электропроводность жидких диэлектриков. Способы очистки жидкостей. Ионная электропроводность. Роль примесей в полярных и неполярных жидкостях. Теория электрической проводимости Френкеля. Влияние температуры на электропроводность жидких диэлектриков. Закон Вальдена. Электрофоретическая электропроводность жидкостей. Закон Вальдена для электрофоретической проводимости. Зависимость тока от напряжения для жидких диэлектриков в слабых и сильных электрических полях. Электропроводность твердых диэлектриков. Ионная и электронная проводимости. Явление электролиза в твердых диэлектриках. Определение носителей зарядов в твердых диэлектриках (метод Турбандта). Падение тока в твердых диэлектриках во времени. Влияние примесей, влаги, структуру, температуры. Основные требования к полимерным диэлектрикам. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков.

Тема 3. Диэлектрические потери

лекционное занятие (9 часа(ов)):

Потери при поляризации, потери при электропроводности. Процессы абсорбции в диэлектриках. Ток абсорбции при макроскопическом поле. Теоретическая и экспериментальная зависимости тока абсорбции от времени. Диэлектрические потери, обусловленные медленно устанавливающейся поляризацией (релаксационные потери) при переменном поле. Активный и реактивный токи. Тангенс угла диэлектрических потерь. Удельные диэлектрические потери. Потери и диэлектрическая проницаемость при учете сквозной проводимости и различных видов поляризации. Быстрые и медленные процессы в реальном диэлектрике. Зависимость диэлектрических потерь от частоты и температуры. Диэлектрические потери в неполярных и полярных диэлектриках. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты и температуры. Зависимость диэлектрических потерь от напряжения и влажности.

Тема 4. Пробой диэлектриков

лекционное занятие (9 часа(ов)):

Пробивное напряжение и электрическая прочность диэлектриков. Математическая формулировка пробоя диэлектриков. Коэффициент запаса электрической прочности изоляции. Тепло- и массоперенос в диэлектрических материалах; электрическое, тепловое и механическое старение и пробой диэлектриков (электрической изоляции). Пробой газов. Коэффициент ударной ионизации. Теория ударной ионизации Таунсенда (поверхностная и объемная ионизация). Коэффициент ударной ионизации. Роль фотоэффекта. Условия пробоя газов. Природа пробоя газа при нормальном и повышенном давлениях (стримерная теория пробоя). Роль фотоионизации. Влияние на электрическую прочность газа формы электродов и расстояния между ними, давления, температуры, состава и влажности. Закон Пашена. Зависимость электрической прочности газа от длительного приложения напряжения и частоты переменного поля. Пробой газов между цилиндрическими и игольчатыми электродами. Пробой жидких диэлектриков. Возможные механизмы пробоя жидких диэлектриков. Примеси в жидкостях. Влияние воды и твердых примесей на электрическую прочность жидких диэлектриков. Зависимость пробивного напряжения от длительности его приложения. Влияние материала электрода на пробивное напряжение. Зависимость электрической прочности от площади электродов и расстояния между ними, давления, плотности и температуры. Теории пробоя жидких диэлектриков: мостиковая, тепловая, электронная, теория химического разложения. Пробой твердых диэлектриков. Возможные механизмы пробоя. Общая характеристика теплового и электрического пробоев. Теория теплового пробоя Вагнера и Фоак. Протекание теплового пробоя во времени. Теории электрического пробоя: Роговского, Иоффе, Френкеля вследствие разрыва диэлектрика по микротрещине и квантово-механические теории электрического пробоя твердых диэлектриков неударным механизмом. Пробой твердых диэлектриков вследствие ударной ионизации электронами. Формирование и развитие разряда в твердых диэлектриках. Зависимость электрической прочности от времени воздействия напряжения и температуры. Теории пробоя Фрейлиха и Хиппеля - Каллена. Электрохимический пробой.

Тема 5. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники
практическое занятие (2 часа(ов)):

Работа выполняется на одной из двух измерительных высокочастотных установок сантиметрового или дециметрового диапазона волн. Высокочастотный тракт каждой установки собран на волноводе прямоугольного сечения и состоит, в основном, из возбуждающей волноводной головки с переходом на коаксиальную линию, волноводной измерительной линии, поглощающего ножевого ослабителя и оконечного устройства, в качестве которого применяется согласованная волноводная нагрузка (адсорбер) или короткозамыкающая пластина. К каждой установке прилагается набор индуктивных и емкостных диафрагм.

Тема 6. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии
практическое занятие (4 часа(ов)):

Экспериментальная часть работы состоит из двух этапов: измерение диэлектрической проницаемости в дециметровом диапазоне частот, измерение высокопотерных диэлектриков методом частичного заполнения сечения волновода на сверхвысоких частотах.

Тема 7. Работа ♦3. Эффект Фарадея
практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерение поляризационных характеристик электромагнитной волны - ее эллиптичности и угла поворота применяется в антенных измерениях и может быть проведено рядом способов. В работе используется прямой метод определения поляризационных характеристик - метод линейно поляризованной антенны, и ставится задача определения эллиптичности и углов поворота в зависимости от магнитного поля, а также проверки необратимости эффекта Фарадея. В установке в качестве образца используется ферритовый стержень.

Тема 8. Работа ♦4. Временная диэлектрическая спектроскопия
практическое занятие (4 часа(ов)):

Измерение комплексной диэлектрической проницаемости производится методом временной диэлектрической спектроскопии с помощью измерительной системы "Диполь".

Тема 9. Работа ♦5. Кинетика явлений намагничивания

практическое занятие (4 часа(ов)):

В настоящей работе применена комбинация проходного и отражательного методов детектирования сигнала. Примерами технического осуществления указанных схем могут служить используемая в настоящей работе установка или, так называемая, бимодальная полость. Используется резонатор или короткозамкнутый волновод, включенный в качестве оконечной нагрузки. Измерения коэффициента отражения связываются с параметрами исследуемого образца.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Диэлектрические потери	8	7-9	подготовка к тестированию	3	тестирование
4.	Тема 4. Пробой диэлектриков	8	10-12	подготовка к реферату	2	реферат
5.	Тема 5. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники	8	13	подготовка к отчету	2	отчет
				подготовка к тестированию	3	тестирование
6.	Тема 6. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии	8	14	подготовка к отчету	2	отчет
7.	Тема 7. Работа ♦3. Эффект Фарадея	8	15	подготовка к отчету	2	отчет
8.	Тема 8. Работа ♦4. Временная диэлектрическая спектроскопия	8	16	подготовка к отчету	2	отчет
9.	Тема 9. Работа ♦5. Кинетика явлений намагничивания	8	17	подготовка к отчету	2	отчет
	Итого				18	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий:

- разбор конкретных ситуаций;
- подготовка и представление докладов и презентаций;
- проведение блиц-опросов;
- мастер-классы экспертов и специалистов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Поляризация диэлектриков в постоянном поле

экзамен

Тема 2. Электропроводность диэлектриков

экзамен

Тема 3. Диэлектрические потери

тестирование , примерные вопросы:

Примерные вопросы: 1. Укажите правильную формулировку термина удельная проводимость: а) это величина обратная сопротивлению проводника б) это величина обратная сопротивлению проводника в форме куба со стороной 1 м в) это коэффициент пропорциональности между плотностью тока и дрейфовой скоростью носителей заряда г) это коэффициент пропорциональности между тепловой мощностью тока и напряженностью электрического поля в проводнике 2. Какой из видов поляризации является самым медленным: а) электронная б) ионная в) дипольная.

Тема 4. Пробой диэлектриков

реферат , примерные темы:

Примерные темы рефератов: 1. Ионная и молионная электропроводность жидких диэлектриков. Связь электропроводности и вязкости. Теории пробоя жидких диэлектриков. 2. Электреты. Способы электретирования. Применение электретов. 3. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Применение пьезоэлектриков.

Тема 5. Работа ♦1. Исследование некоторых элементов волноводной техники

отчет , примерные вопросы:

Результатом работы является письменный отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Цель работы и расчетные формулы. 2. Блок-схема экспериментальной установки. 3. Результаты экспериментальной части работы, содержащие данные, полученные непосредственно в ходе эксперимента и найденные после их последующей обработки. Расчеты и вычисления должны быть оформлены в виде таблиц и графиков. 4. Анализ проведенных измерений и расчетов с оценкой погрешностей. В конце отчета по каждой работе необходимо дать заключение, содержащее перечисление и краткую характеристику явлений и зависимостей, обнаруженных в ходе работы, а также сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими и анализ возможных причин частичного расхождения этих данных.

Задание 1. Ознакомиться с волноводной установкой 8-миллиметрового диапазона и используемой в ней электронной аппаратурой. Включить измерительный генератор ГЗ-30 и освоить отсчет частоты (длины волны) с помощью резонансного волномера. Включить резонансный усилитель У2-1. Установить ослабление регулируемого ослабителя на выходе ГЗ-30 не менее 10 дБ.

2. Исследовать условия прохождения сверхвысокочастотной мощности между двумя плечами Е- и Н-тройника, а также двойного волноводного тройника в соответствии с принципиальными схемами. С этой же целью присоединить к испытываемому тройнику волноводную секцию с короткозамыкающим поршнем. При испытании двойного волноводного тройника присоединить два поршня. В качестве согласованной нагрузки использовать детекторную головку с настроенным двухшлейфовым трансформатором и развязывающим ослабителем. Настроить клистрон на длину волны, указанную в задании, и подстроить зондовую и детекторную головки. Перемещая короткозамыкающий поршень (поршни) до получения режимов наибольшего прохождения и запирания сигналов в соответствии с методикой, рекомендованной выше, измерить а) КСВ на входе тройника в режимах максимального и минимального прохождения сигналов; б) отношение максимального проходящего сигнала к минимальному; в) величину λ в волноводе; г) расстояние от центра симметрии тройника до короткозамыкающего поршня для обоих режимов. Расстояние L измерять с помощью штангенциркуля по внешним габаритам. Центр симметрии тройника отмечен риской на экспериментальном макете.

3. Проверить влияние короткозамыкающих поршней в плечах 3 и 4 щелевого моста на прохождение сигнала из плеча 1 в плечо 2. При этом использовать детекторные головки поршней без ходовых винтов, имеющихсся отдельно в комплекте прилагаемых деталей. Измерить расстояние между короткозамыкающими поршнями для максимального прохождения и запирания СВЧ сигнала. Убедиться, что максимальное прохождение сигнала соответствует одинаковому положению поршней в плечах 3 и 4 ($\Delta L = 0$).

4. Снять диапазонные характеристики щелевого моста. Для этого на частоте, использованной при выполнении предыдущих пунктов работы, настроить мост с помощью поршней и настроечного винта на максимальное прохождение сигнала в плечо 2, после чего снять зависимость КСВ на входе плеча 1 от длины волны в пределах полной механической перестройки частоты клистрона. Измерить диапазонные характеристики для случаев $\Delta L = 0$ и $\Delta L = \lambda/2$.

тестирование , примерные вопросы:

Примерные вопросы: 1. Электрет - это диэлектрик, в котором возникает а) электрическое поле при деформации б) остаточная поляризация при воздействии поля E совместно с облучением светом в) поляризованность при воздействии электрического поля г) остаточная поляризация при облучении лазером

2. Сверхпроводники первого и второго рода отличаются по: а) поведению в магнитном поле б) поведению в переменном электрическом поле в) по поведению в электрическом и магнитном полях.

Тема 6. Работа ♦2. Измерение диэлектрических констант в дециметровом и сантиметровом диапазонах с помощью измерительной линии

отчет , примерные вопросы:

Результатом работы является письменный отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Цель работы и расчетные формулы. 2. Блок-схема экспериментальной установки. 3. Результаты экспериментальной части работы, содержащие данные, полученные непосредственно в ходе эксперимента и найденные после их последующей обработки. Расчеты и вычисления должны быть оформлены в виде таблиц и графиков. 4. Анализ проведенных измерений и расчетов с оценкой погрешностей. В конце отчета по каждой работе необходимо дать заключение, содержащее перечисление и краткую характеристику явлений и зависимостей, обнаруженных в ходе работы, а также сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими и анализ возможных причин частичного расхождения этих данных. Задание 1. Включить генератор и прогреть его в течение 10 минут. 2. Изменяя напряжение отражателя на генераторе добиться максимального тока индикатора I . 3. Настроить резонатор зонда измерительной линии на максимум тока индикатора I . 4. Перемещая зонд вдоль линии, найти минимальное значение тока и записать положение зонда на линии (X_1) и положение поршня (X_2). 5. Поместить в линию образец. 6. Перемещая короткозамыкающий поршень и находя каждый раз минимум тока, определить положение поршня (X_2), которое соответствует наибольшему отклонению положения минимума от положения X_1 , и записать координату X_1 . 7. Вычислить смещение Δl . 8. По формуле (20) рассчитать значение ϵ' . 9. При том же положении короткозамыкающего поршня определить значение напряженности в максимуме и минимуме и найти коэффициент стоячей волны. 10. По формулам (21-22) вычислить значение ϵ'' .

Тема 7. Работа ♦3. Эффект Фарадея

отчет , примерные вопросы:

Результатом работы является письменный отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Цель работы и расчетные формулы. 2. Блок-схема экспериментальной установки. 3. Результаты экспериментальной части работы, содержащие данные, полученные непосредственно в ходе эксперимента и найденные после их последующей обработки. Расчеты и вычисления должны быть оформлены в виде таблиц и графиков. 4. Анализ проведенных измерений и расчетов с оценкой погрешностей. В конце отчета по каждой работе необходимо дать заключение, содержащее перечисление и краткую характеристику явлений и зависимостей, обнаруженных в ходе работы, а также сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими и анализ возможных причин частичного расхождения этих данных. Задание 1. Убедившись, что аттенюатор на входе измерительного усилителя стоит на максимальном затухании, включить микроволновой генератор. 2. Измерить распределение поля в раскрыве антенны линейной поляризации в отсутствие образца. Для этого вначале нужно включить лампочку подсветки отсчетного устройства. Затем, вращая антенну линейной поляризации, каждому положению антенны нужно сопоставить напряженность электрического поля, которая определяется по показаниям микроамперметра, включенного на выходе рупора. 3. Вставить образец и коммутируя постоянное магнитное поле, размагнитить его. 4. Измерить эллиптичность и углы поворота в зависимости от напряженности поля. 5. При угле поворота, вызванном внешним магнитным полем, плоскость поляризации которого равна 45° , замерить КСВН. Затем выключить ток, текущий через соленоид, и снова замерить КСВН. Объяснить результат. 6. Снять зависимость угла поворота плоскости поляризации от приложенного магнитного поля (измерения проводить через $0,5$ А). Построить по полученным результатам график.

Тема 8. Работа ♦4. Временная диэлектрическая спектроскопия

отчет , примерные вопросы:

Результатом работы является письменный отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Цель работы и расчетные формулы. 2. Блок-схема экспериментальной установки. 3. Результаты экспериментальной части работы, содержащие данные, полученные непосредственно в ходе эксперимента и найденные после их последующей обработки. Расчеты и вычисления должны быть оформлены в виде таблиц и графиков. 4. Анализ проведенных измерений и расчетов с оценкой погрешностей. В конце отчета по каждой работе необходимо дать заключение, содержащее перечисление и краткую характеристику явлений и зависимостей, обнаруженных в ходе работы, а также сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими и анализ возможных причин частичного расхождения этих данных. Задание 1. До начала работы ознакомьтесь с описанием измерительной установки Р5-11. 2. Включите установку и прогрейте ее не менее 20 минут. 3. Произведите калибровку измерительной установки. 4. Найдете сигнал, отраженный от конца кабеля на экране: задержкой и разверткой установите его полувысоту близко к нулевой отметке по оси ординат. Установите ширину временного окна, достаточную для того чтобы наблюдать изменение его формы за время прохождения коаксиальной линии (и соответственно установление равновесного положения после отражения от образца). 5. Запустите на компьютере программу, которая позволяет регистрировать сигнал с прибора Р5-11. 6. Зарегистрируйте сигнал, отраженный от пустой ячейки Vopen . 7. Зарегистрируйте сигнал, отраженный от короткозамкнутой ячейки Vshort . 8. Поместите исследуемый образец в ячейку и зарегистрируйте сигнал, отраженный от ячейки с образцом Vsamp . 9. При помощи программы произведите вычисление диэлектрического спектра.

Тема 9. Работа ♦5. Кинетика явлений намагничивания

отчет , примерные вопросы:

Результатом работы является письменный отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Цель работы и расчетные формулы. 2. Блок-схема экспериментальной установки. 3. Результаты экспериментальной части работы, содержащие данные, полученные непосредственно в ходе эксперимента и найденные после их последующей обработки. Расчеты и вычисления должны быть оформлены в виде таблиц и графиков. 4. Анализ проведенных измерений и расчетов с оценкой погрешностей. В конце отчета по каждой работе необходимо дать заключение, содержащее перечисление и краткую характеристику явлений и зависимостей, обнаруженных в ходе работы, а также сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими и анализ возможных причин частичного расхождения этих данных. Задание 1. После 10-минутного прогрева настроить генератор по показаниям собственного волномера при заданной частоте 9375 МГц на максимальную мощность. 2. Настроить с помощью поршней и зондов детекторных секций показания индикаторных приборов на максимумы. 3. Настроить резонатор на данную частоту, т.е. на максимум проходящей и минимум отраженной мощности, измеряемой приборами, включенными на выходе секций (6 и 10). Так как резонансная полость реагирует на всякие, даже самые малейшие изменения частоты в линии, после каждого измерения проверять начальные показания измерительного прибора (показания при нулевом поле $H = 0$). 4. Снять зависимость поглощения от величины постоянного магнитного поля. Для большей точности измерения провести по несколько раз и результаты усреднить. 5. По показаниям приборов 6 и 10, соответствующих различным значениям магнитных полей, построить графики $I = f(H)$.

Итоговая форма контроля

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

Контрольные вопросы:

1. Значение диэлектриков в науке и технике. Виды диэлектриков. Основные характеристики диэлектриков. Строение и свойства газообразных, жидких и твердых диэлектриков.
2. Упругая и релаксационная поляризация. Вектор диэлектрической поляризации. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Электрическая индукция. Локальное поле (поле Лоренца). Выражение локального поля через средне-макроскопическое поле.
3. Поляризация полярных газообразных диэлектриков. Расчет средних значений поляризации и электрической поляризуемости атомов и молекул с собственными электрическими моментами. Температурная зависимость поляризуемости.

4. Поляризация полярных жидкостей по Дебаю. Уравнение Клаузиса-Моссотти для полярных жидкостей. Поляризация ионных кристаллов по Борну. Поляризация гетерогенных смесей.
5. Поляризация диэлектриков в произвольно меняющемся со временем электрическом поле. Безынерционная и релаксационная части поляризации. Поляризация в синусоидальном электрическом поле. Зависимость релаксационной части поляризации от частоты колебаний внешнего поля.
6. Диэлектрические потери. Активная и реактивная составляющие полного пока. Потери сквозной проводимости и релаксационные потери. Зависимость мощности диэлектрических потерь от частоты колебаний внешнего поля.
7. Тангенс угла диэлектрических потерь. Выражение тангенса угла диэлектрических потерь через активную и реактивную составляющие тока. Формула Дебая.
8. Комплексная диэлектрическая проницаемость диэлектриков. Истинная и мнимая проницаемости и их зависимость от частоты. Связь мнимой проницаемости с тангенсом угла диэлектрических потерь. Смысл действительной и мнимой проницаемости.
9. Общие закономерности электропроводности диэлектриков. Электропроводность газов. Теория Таунсенда. Условия перехода к самостоятельному разряду. Формы самостоятельного разряда. Лавинно-стримерный процесс. Зависимость коэффициента ионизации от параметров газа. Пробивное напряжение.
10. Ионная и молекулярная электропроводность жидких диэлектриков. Связь электропроводности и вязкости. Теории пробоя жидких диэлектриков.
11. Основные виды пробоя. Тепловой пробой. Теории Вагнера и Фока. Электрический пробой. Экспериментальные доказательства механизма ударной ионизации электронами. Теории пробоя твердого диэлектрика. Механизмы первоначального накопления электронов. Теории пробоя твердого диэлектрика, основанные на решении кинетического уравнения. Стадии развития пробоя. Энергия каналаобразования.
12. Электрохимический пробой (старение). Основные закономерности старения органических диэлектриков. Факторы старения. Методы прогнозирования срока службы. Особенности старения неорганических диэлектриков.
13. Электреты. Способы электретирования. Применение электретов. Пироэлектрики и сегнетоэлектрики. Пироэлектрический эффект. Спонтанная поляризация. Необходимое и достаточное условие спонтанной поляризации. Сегнетоэлектрики. Гистерезис. Температура Кюри.
14. Антисегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектриков. Применение сегнетоэлектриков. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Применение пьезоэлектриков.
15. Ферриты. Основные характеристики магнитных свойств веществ. Ферро-, антиферро- и ферримагнетики. Обменное взаимодействие.
16. Жидкие кристаллы. Основные типы жидких кристаллов. Характеристики жидких кристаллов. Материалы и технологии. Применение жидких кристаллов современной электронике.

Методические рекомендации по выполнению практических работ и самостоятельной работе студентов приведены в приложении.

Тестовые вопросы приведены в приложении.

7.1. Основная литература:

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела: учебное пособие, 4-е изд., стер. - СПб.: Издательство Лань, 2011. URL:<http://e.lanbook.com/view/book/2023/>
2. Гусев Ю.А. Основы диэлектрической спектроскопии. Учебное пособие. Казань: КГУ. 2008. URL:http://kpfu.ru/docs/F312491640/gusev_diel_spectrosc.pdf
3. Dielectric Relaxation Phenomena in Complex Systems: Tutorial / Yu. Feldman, Yu.A. Gusev, M.A. Vasilyeva. - Kazan: Kazan University, 2012. - P. 134. URL:http://kpfu.ru/docs/F789845537/Dielectric_Relaxation_Phenomena_in_Complex_Systems.pdf

7.2. Дополнительная литература:

1. Томилин, В. И. Физическое материаловедение. Ч. 1. Пассивные диэлектрики [Электронный ресурс] : учеб. пособие в 2 ч. / В. И. Томилин, Н. П. Томилина, В. А. Бахтина. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 280 с. - ISBN 978-5-7638-2510-7.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=440908>
2. Физика активных диэлектриков: учебное пособие / Поплавко Ю.М., Переверзева Л.П., Раевский И.П. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2009. - 480 с. ISBN 978-5-9275-0636-1
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556078>
3. Электрофизические процессы в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. Процессы в жидкостях/КоробейниковС.М. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 116 с.: ISBN 978-5-7782-1397-5.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=549383>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Воробьев Г.А. и др. Физика диэлектриков (область сильных полей) -
http://wwwold.enin.tpu.ru/lib/EICT_FDUp.pdf
- Новикова С. Ю. Физика диэлектриков - <http://ctl.mpei.ru/DocHandler.aspx?p=pubs/phd/phd.pdf>
- Плотников В.П. Физика проводников и диэлектриков -
<http://window.edu.ru/resource/782/21782/files/plotnikov.pdf>
- Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область слабых полей) -
http://rusfolder.com/32083190?ints_code=467016aacc316263b09b77df864a6dd8
- Турик А.В., Богатин А.С. Диэлектрическая проницаемость и потери гетерогенных систем -
http://sfedu.ru/www/umr.umr_download?p_umr_id=11329

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Физика диэлектриков" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя лабораторный спецпрактикум по сверхвысоким частотам. Перечень, описание и порядок выполнения всех возможных работ изложены в учебном пособии: Спецпрактикум по сверхвысоким частотам / Гусев Ю.А. // Учебное пособие, второе издание. Казань: КГУ - 2008, 129 с. (электронный вариант пособия доступен по ссылке: http://kpfu.ru/dcs/F835435083/gusev_svch.pdf).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения).

Автор(ы):

Лунев И.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Насыров И.А. _____

"__" _____ 201__ г.