

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 14:27:37
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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



Утверждаю:
Руководитель ООП:
Б.Б.Педько
23 августа 2017 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Физика диэлектриков

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Программа подготовки
«Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств»

Для студентов 3 курса очной формы обучения

Составитель: 
к.ф.-м.н., профессор Иванов В.В.

Тверь 2017

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Физика диэлектриков

2. 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.

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана.

4. Объем дисциплины:

5 зачетных единиц, **180** академических часа, **в том числе**

контактная работа: лекции **36** часов, практические занятия **36** часов, лабораторные работы **36** часов; **самостоятельная работа: 72** часа.

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Владеть способностью	Владеть: способностью планирования проведения современного физического эксперимента в области физики диэлектриков с использованием новейших

<p>использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>достижений физического приборостроения.</p> <p>Уметь: теоретически объяснять рассматриваемые физические явления, решать поставленные физические задачи, применять полученные навыки и знания в практической профессиональной деятельности.</p> <p>Знать: механизмы поляризации диэлектриков, локальное поле в приближении Лорентца, диэлектрические потери. комплексную диэлектрическую проницаемость, релаксационный спектр диэлектрической проницаемости.</p>
<p>ОПК-2 - владеть способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p>	<p>Владеть: современными методами экспериментального и теоретического исследований диэлектриков</p> <p>Уметь: Применять полученные знания в области научных исследований</p> <p>Знать: Основные законы в области физики диэлектриков и методы расчета диэлектрической проницаемости.</p>

6. Форма промежуточной аттестации экзамен в 5 семестре

7. Язык преподавания русский.

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практически е (лабораторные) работы	

<p>Макроскопические представления о поляризации диэлектриков.</p> <p>Различные механизмы поляризации диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Энергетические соотношения для поляризованного диэлектрика.</p>	13	5		8
<p>Микроскопические механизмы и модели поляризации.</p> <p>Особенности деформации (упругой и квазиупругой) поляризации.</p> <p>Электронно-деформационная поляризация. Ионно-деформационная поляризация. Обобщенная модель деформационной поляризации.</p> <p>Особенности тепловой и релаксационной поляризации.</p> <p>Дипольно-релаксационная поляризация.</p> <p>Электронно-релаксационная поляризация.</p>	30	6	12	12
<p>Методы расчета диэлектрической проницаемости.</p> <p>Диэлектрическая проницаемость газов.</p> <p>Приближение Лоренца при расчете внутреннего поля. Поляризация ионных кристаллов. Кристаллы с высокой диэлектрической проницаемостью.</p> <p>Поляризация полярных диэлектриков.</p>	30	6	12	12
<p>Макроскопические представления о диэлектрических потерях.</p> <p>Процесс установления диэлектрической поляризации. Диэлектрические потери в диэлектриках с релаксационной поляризацией. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость, соотношение Крамерса-Кронинга для линейных диэлектриков.</p> <p>Диэлектрические потери неоднородных диэлектриков</p>	23	5	12	6
<p>Различные механизмы потерь в диэлектриках.</p> <p>Потери, обусловленные электропроводностью диэлектриков.</p>	29	5	12	12

Потери при релаксационной поляризации. Потери при деформационной поляризации.				
Диэлектрические потери в окрестности дисперсии. Релаксационный диэлектрический спектр. Размытие спектра. Релаксационные потери при различных временах релаксации. Диаграмма Коула-Коула. Резонансный диэлектрический спектр. Размытие спектра.	23	4	12	7
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-галоидных кристаллов	25	3	12	10
Электреты.	7	2		5
ИТОГО	180	36	72	72

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- Планы лабораторных занятий и методические рекомендации к ним.
- Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.
- Требования к рейтинг-контролю.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Наряду с другими дисциплинами учебного плана дисциплина «Физика диэлектриков» способствует формированию профессиональных компетенций ПК-1 «способностью использовать специализированные знания

в области физики для освоения профильных физических дисциплин», ОПК-2 «Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии».

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Физика диэлектриков» могут сдать экзамен по итогам рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.). Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продемонстрировать навыки владения материалом по физике диэлектриков. <i>Пример.</i> Описать различные механизмы поляризации диэлектриков.	
Начальный уметь	Теоретически объяснять рассматриваемые физические явления. <i>Пример.</i> Тепловой пробой. Теория Вагнера. Три вида теплового пробоя.	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла • Дан неверный ответ – 0 баллов
Начальный	Механизмы поляризации	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из

знать	диэлектриков, локальное поле в приближении Лорентца.	источников, содержание ответа полное -2 балла. <ul style="list-style-type: none"> • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	способностью планирования проведения современного физического эксперимента в области физики диэлектриков с использованием новейших достижений физического приборостроения.	
Промежуточный уметь	Продемонстрировать умение решать поставленные физические задачи, применять полученные навыки и знания в практической профессиональной деятельности. <i>Пример.</i> Описать диэлектрическую проницаемость в неполярных жидкостях и газах. Уравнение Клаузиуса-Мосотти.	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла Дан неверный ответ – 0 баллов
Промежуточный знать	Продемонстрировать знания по диэлектрическим потерям, комплексной диэлектрической проницаемости, релаксационному спектру диэлектрической проницаемости.	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ОПК-2 «Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии»

Этап формирования компетенции, в котором участвует	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
--	--	--

дисциплина		
Начальный владеть	современными методами экспериментального и теоретического исследований диэлектриков	
Начальный уметь	использовать методики проведения современного физического эксперимента в области физики диэлектриков и применять полученные знания в области научных исследований <u>Пример.</u> Построение диаграмм Коула-Коула для релаксационных диэлектрических спектров.	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла <p>Дан неверный ответ – 0 баллов</p>
Начальный знать	Знать: Основные законы в области физики диэлектриков и методы расчета диэлектрической проницаемости <u>Пример.</u> Рассчитать тангенс угла диэлектрических потерь при параллельных схемах замещения.	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.
Промежуточный владеть	Навыками владения материалом по диэлектрическим явлениям в сегнетоэлектриках	
Промежуточный уметь	определить различные механизмы потерь в диэлектриках. <u>Пример.</u> Определение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсаторов с помощью мостов Сотти, Вина и Шеринга	<ul style="list-style-type: none"> • Имеется полный ответ – 3 балла • Ответ недостаточно обоснован – 2 балла <p>Дан неверный ответ – 0 баллов</p>
Промежуточный знать	Методы расчета диэлектрической проницаемости. <u>Пример.</u> Диэлектрическая проницаемость газов. Приближение Лоренца при расчете внутреннего поля.	<ul style="list-style-type: none"> • Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла. • Ответ изложен недостаточно четко-1 балл. • Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.

Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»

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 $\text{tg}\delta$ 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. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

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>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

VII. Методические указания 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.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего
-------------------------------------	--	--

	самостоятельной работы	документа
Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников №35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экран настенный ScreenMedia 153*203 (M082-08147) 2. Ноутбук DELL Ispiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB 3. Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, 4. Проектор Quadra 250 X 5. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест 	<p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p> <p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели 	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009</p> <p>Google Chrome - бесплатно</p> <p>Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>Lazarus 1.4.0 - бесплатно</p> <p>Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно</p> <p>Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав IC00000027 от 16.09.2011</p> <p>MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012</p> <p>Microsoft Express Studio 4 - бесплатно</p> <p>MiKTeX 2.9 - бесплатно</p> <p>MPICH 64-bit – бесплатно</p> <p>MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно</p>

обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
---	---

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г