



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.02.02 Высокореистивные материалы

Направление подготовки: 11.03.04 "Электроника и нанoeлектроника"

Направленность (профиль) подготовки: Электроника и нанoeлектроника

Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 30

от « 31 » августа 2021 г.

Зам. председателя, к.ф.-м.н, доцент

_____ В.В. Чумак

Рекомендовано кафедрой:

общей и экспериментальной физики

Протокол № 1

от « 30 » августа 2021 г.

Зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

_____ А.А. Гаврилюк

Иркутск 2021 г.

Содержание

| | стр. |
|--|------|
| 1 Цели и задачи дисциплины (модуля) | 3 |
| 2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП | 3 |
| 3 Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) | 4 |
| 4 Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы | 5 |
| 5 Содержание дисциплины (модуля) | 6 |
| 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) | |
| 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями) | |
| 5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий | |
| 6 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ | 9 |
| 6.1 План самостоятельной работы студентов | |
| 6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов | |
| 7 Примерная тематика курсовых работ (проектов) | 13 |
| 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): | 14 |
| а) основная литература; | |
| б) дополнительная литература; | |
| в) программное обеспечение; | |
| г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы | |
| 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля). | 15 |
| 10 Образовательные технологии | 15 |
| 11 Оценочные средства (ОС) | 16 |

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Дисциплина «Высокорезистивные материалы» изучает физические свойства материалов, обладающих высоким электрическим сопротивлением.

В дисциплине рассматриваются механизмы электронной и ионной проводимости диэлектрических материалов. Изучаются основные методы импедансной и диэлектрической спектроскопии материалов. Цель преподавания дисциплины состоит в том, чтобы составить представление о свойствах высокорезистивных материалов и ознакомить студентов с применениями этих материалов.

Задачами дисциплины являются следующие:

- 1) Развитие мышления студентов, формирование у них умений самостоятельно приобретать и применять знания, наблюдать и объяснять физические явления;
- 2) Использование результаты освоения дисциплины для выбора полупроводниковых устройств для практических применений;
- 3) Развитие навыков делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований;
- 4) Развивать способности выбирать методы и средства решения практических задач.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина входит в дисциплины по выбору вариативной части основной образовательной программы по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», программы бакалавриата «Измерение и модификация свойств наноматериалов и наноструктур». Курс предполагает наличие у студентов первичных знаний в области физики, химии, спектроскопии полупроводников и диэлектриков. Дисциплина связана с курсами Диагностика состава полупроводников и полупроводниковых структур,

Высокорезистивные материалы, Методы исследования материалов и структур электроники, Диагностика полупроводниковых структур.

Общая трудоемкость дисциплины составляет две зачетных единицы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций: способностью анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур (ПК-1) и проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: теоретические основы устройства и принципы работы фотоприемных и излучающих устройств на основе полупроводниковых структур и методы и оборудование для модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

Уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию, делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, использовать полученные знания для выбора типа устройства для решения конкретной задачи

Владеть: навыками и методами расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

| Вид учебной работы | Всего часов / зачетных единиц | курсы | | | |
|---|-------------------------------|-------|---|---|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Аудиторные занятия (всего) | 46 | | | | 46 |
| В том числе: | - | | | - | - |
| Лекции | 22 | | | | 22 |
| Практические занятия (ПЗ) | 22 | | | | 22 |
| Семинары (С) | | | | | |
| Лабораторные работы (ЛР) | | | | | |
| КСР | 6 | | | | 6 |
| Самостоятельная работа (всего) | 64 | | | | 64 |
| В том числе: | - | | | - | - |
| Домашние кейс-задачи | 16 | | | | 16 |
| Домашние разноуровневые задачи | 14 | | | | 14 |
| | | | | | |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | экзамен | | | | экзамен |
| Контактная работа (всего) | 46 | | | | 46 |
| Общая трудоемкость | часы | 144 | | | 144 |
| | зачетные единицы | 4 | | | 4 |

• *Примечание: В соответствии с п.п.п 52, 53 Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 19 декабря 2013 г. N 1367 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры" учебные занятия по образовательным программам проводятся в форме контактной работы обучающихся с преподавателем и в форме самостоятельной работы обучающихся.*

По образовательным программам могут проводиться учебные занятия следующих видов, включая учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем обучающимся (далее - занятия лекционного типа); семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия (далее вместе - занятия семинарского типа); курсовое проектирование (выполнение курсовых работ) по одной или нескольким дисциплинам (модулям); групповые консультации; индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся (в том числе руководство практикой); самостоятельная работа обучающихся.

Организация может проводить учебные занятия иных видов.

Другие виды самостоятельной работы могут включать написание эссе, аннотаций,

докладов и т.п., а также подготовки к экзаменам и зачетам.

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.

Тема 1. Введение в дисциплину.

Электропроводность материалов (электронная проводимость, ионная проводимость, диэлектрическая проницаемость). Уровни проводимости материалов (диэлектрики, полупроводники, твердые электролиты, металлы). Измерения проводимости на постоянном и переменном токе. Подвижность ионов. Твердые электролиты.

Тема 2. Механизмы электропроводности диэлектриков

Электронная электропроводность, ионная электропроводность диэлектриков, частотная зависимость проводимости. Проводимость CdF_2 . Энергетические зоны кристаллов со структурой флюорита. Проводимость LaF_3 . Дефекты по Шоттки и по Френкелю. Частотная зависимость проводимости. Температурная зависимость проводимости диэлектриков.

Тема 3. Импедансная спектроскопия

Основные концепции метода. Процессы проводимости. Функции и представления иммитанса. Активная, реактивная и комплексная проводимость. Спектр иммитанса (годографы импеданса). Эквивалентные электрические схемы (R, C, простейшие параллельные цепи). Спектр импеданса $\text{LaF}_3\text{-Eu}$. Экспериментальное оснащение метода. Методы измерений иммитанса. Измеритель иммитанса E7-20. Структурная схема. Пример измерений.

Тема 4. Теория диэлектрических потерь

Потери как физический и технический параметр диэлектриков. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость.

Потери электрической энергии, обусловленные электропроводностью диэлектриков. Диэлектрические потери при тепловой поляризации. Диэлектрические потери при упругой поляризации.

Тема 5. Диполи в диэлектрических кристаллах.

Возникновение дипольных центров в кристаллах с примесями. Проявление дипольных центров в спектрах иммитанса, диэлектрических потерь, ионных токов термодеполяризации, оптических спектрах. Миграция и агрегация дипольных центров.

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

| № п/п | Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком) | | | | |
|-------|--|---|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | |
| 1. | Применение материалов и компонентов для создания устройств | Тема 1 | | | | |
| 2. | Методы исследования материалов и структур электроники | Тема 1 | Тема 2 | Тема 3 | Тема 4 | Тема 5 |
| 3 | Диагностика состава полупроводников и диэлектриков | Тема 1 | Тема 2 | | Тема 4 | |
| | | | | | | |

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

| № п/п | Наименование темы | Виды занятий в часах | | | | | Всего |
|-------|---|----------------------|-------------|--------|-----------|-----|-------|
| | | Лекц. | Практ. зан. | Семина | Лаб. зан. | СРС | |
| 1. | Введение в дисциплину | 2 | 2 | | | 4 | 8 |
| 2. | Механизмы электропроводности диэлектриков | 4 | 4 | | | 8 | 16 |
| 3. | Импедансная спектроскопия | 4 | 2 | | | 6 | 14 |
| 4. | Теория диэлектрических потерь | 6 | 6 | | | 8 | 18 |

| | | | | | | |
|----|--------------------------------------|---|---|--|---|----|
| 5. | Диполи в диэлектрических кристаллах. | 2 | 4 | | 6 | 12 |
|----|--------------------------------------|---|---|--|---|----|

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|-------|--------------------------------------|---|---------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Тема 1 | Единицы измерения проводимости, сопротивления, диэл. проницаемости, модуля. Связь зонной схемы и проводимости материалов. | 2 | Практическая работа | ПК-1 |
| 2. | Тема 2 | Методы и приборы для измерений стационарной проводимости материалов | 4 | Практическая работа | ПК-1, ПК-4 |
| 3. | Тема 3 | Приборы и методы измерения иммитанса. | 2 | Практическая работа | ПК-1, ПК-4 |
| 4. | Тема 4 | Измерение диэлектрических потерь. Температурная и частотная зависимости потерь. | 6 | Практическая работа | ПК-1, ПК-4, |
| 5. | Тема 5 | Расчет параметров дипольных центров (энергия активации, частотный фактор) из кривых температурной зависимости | 4 | Практическая работа | ПК-1, ПК-4, |

6.1. План самостоятельной работы студентов

| № нед. | Тема | Вид самостоятельной работы | Задание | Рекомендуемая литература | Количество часов |
|--------|--------|----------------------------|---|--------------------------|------------------|
| 1 | Тема 1 | Кейс-задача | Из открытых источников найти величины проводимости твердых тел (диэлектриков, полупроводников, твердых электролитов, металлов). Каковы области применения приведенных материалов. | | 4 |
| 2-5 | Тема 2 | Домашние задачи | Решение комплекта домашних задач | | 8 |
| 6-9 | Тема 3 | Кейс-задача | Приборы для измерения | | 6 |

| | | | | | |
|-------|--------|------------------------------|--|---|---|
| | | | иммитанса | | |
| 10-14 | Тема 4 | Домашние задачи, кейс-задача | Решение комплекта домашних задач по физике диэлектриков. | Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоиздат, 1982.320 с. | 8 |
| 16-17 | Тема 5 | Кейс-задача | Влияние примесных дипольных центров на диэлектрические свойства материалов | | 6 |

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Для самостоятельной работы доступно несколько видов деятельности. **Дискуссия** предполагает включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения. При самостоятельной подготовке студент самостоятельно, используя открытые источники, изучает и ищет решение поставленной проблемы. Самостоятельный подбор источников является необходимым условием при подготовке к дискуссии. Во время занятия происходит обсуждение подготовленных во время самостоятельной работы данных. Данный вид деятельности способствует развитию следующих компетенций: способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры (ОПК-1) и способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ОПК-4).

Домашние задачи, связанные с темами лекционных и семинарских занятий, способствуют лучшему освоению материала. Подготовка домашних задач способствует успешному решению контрольных работ и освоению следующих компетенций: Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур

(ПК-1) и проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.(ПК-4).

Кейс-задачи - проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально -ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы, направлены на практическое применение полученных на лекциях и семинарах знаний и навыков. Кейс-задачи представляют собой упрощенные реальные задачи, с которыми может столкнуться исследователь или инженер-исследователь в своей научной работе. Студентам ставится кейс-задача, при самостоятельной подготовке они находят возможные решения и на семинарском занятии обсуждаются их решения. По возможности находится оптимальный метод решения. При подготовке рекомендуется использование открытых источников информации, в том числе сети Интернет. Самостоятельный подбор источников является необходимым условием при постановке кейс-задачи. Данный вид деятельности способствует развитию следующих компетенций: умение анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур (ПК-1) и проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.(ПК-4).

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Проводимость диэлектрических кристаллов фторида лантана с двухвалентными примесями.
2. Влияние ионизирующего излучения на проводимость фторидных кристаллов.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки 210100 "Электроника и микроэлектроника" / В. И. Старосельский. - ЭВК. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2011. - (Основы наук). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. Доступ. ISBN 978-5-9916-0808-4. - ISBN 978-5-9692-0962-6 : 10080.02 р.
2. Раскин, А. А. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Ч. 1 [Текст] : учеб. пособие / А. А. Раскин , авт. В. К. Прокофьев. - 2-е изд. (эл.). - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 166 с. ; есть. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-1470-6 (Ч. 1). - ISBN 978-5-94774-913-7 : Б. ц.
3. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - Москва : Лань, 2011. - 288 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 282-283. - ISBN 978-5-8114-1001-9
4. Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов [Текст] : [учеб. пособие] / А. И. Лебедев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 488 с. ; нет. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-0995-6 : Б. ц.

б) Дополнительная литература

1. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию диэлектриков Часть II. Вторичные процессы: Учебное пособие. - М.: Университетская книга, 2010. - 238 с. - Режим доступа: ЭБС "Единое окно". - Неогранич. Доступ
2. Филачёв, А. М. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы

[Электронный ресурс]: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. 200200 "Оптехника", 200600 "Фотоника и оптоинформатика" и оптич. спец. / А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко. - 2-е изд., испр. и доп. - ЭВК. - М. : Физматкнига , 2007. - 384 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 978-5-89155-154-1

3. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур [Электронный ресурс] / В. Б. Тимофеев. - Москва : Лань", 2015. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1745-2 : Б. ц.

в) программное обеспечение

1. QTI-plot Пакет для построения графиков. Лицензия GPL

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- 1) интернет ресурсы в свободном доступе и на сайте ИГУ www.isu.ru
- 2) Сайт кафедры экспериментальной физики ИГУ <http://medphysics-irk.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Персональные компьютеры (компьютерный класс), мультимедийный проектор, ноутбук, учебные пособия

10. Образовательные технологии:

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: на лекционных занятиях – дискуссии, IT-методы, индивидуальное обучение и обучение на основе опыта; на лабораторных занятиях – дискуссия, работа в команде, индивидуальное обучение, обучение на основе опыта, исследовательский метод.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и интерактивных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении лабораторных занятий с использованием демонстрационного и наглядного (графического) материалов, специальной литературы, выполнение индивидуальных заданий по диагностике природных минеральных ассоциаций.

11. Оценочные средства (ОС):

В соответствии с рабочей программой дисциплины осуществляется три рубежных контроля.

11.1. Оценочные средства для входного контроля (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

В состав первого контроля, которые проводится в форме собеседования

включены вопросы, проверяющие остаточные знания студентов по дисциплинам программы обучения в бакалавриате. За правильные ответ студент получает 1 балл. На основании входного контроля определяется начальная сумма баллов студента от 40 до 50 баллов.

11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета.

Текущий второй и третий контроль осуществляется в виде контрольных работ. Содержание банка контрольных вопросов определяется целями и задачами рабочей программы дисциплины.

Для реализации положительной мотивации студента на обучение, постановке и организации процесса самообразования студента внедрены элементы проблемно-поисковой технологии обучения, когда студенту при решении задач не приходится воспроизводить, то что он слышал на лекциях, а применять полученные знания, навыки и компетенции для решения конкретной задачи. Для ликвидации возможных конфликтных ситуаций оговаривается балльная стоимость вопроса или теста. Приводятся так же четкие критерии правильности ответов. Ответ не должен быть формальным, он обязан быть доказательным. При тестировании без компьютера по поставленному вопросу необходимо привести требуемые аналитические выкладки, графические построения и расчет числовых значений величин. Справедливым является критерий: задание засчитывается, если ответ доказан и совпадает с ожидаемым результатом. За решение контрольной работы студенту начисляется от 1 до 10 баллов. Необходимая для зачета по дисциплине сумма определяется равной 55 баллам.

Дополнительные баллы (от 1 до 5 баллов) студенты получают за решение кейс-задач во время семинарских занятий и обсуждение задач и кейс-задач для самостоятельной работы.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основные понятия, понимать процессы, которые происходят в

полупроводниковых фотоприемниках и излучателях

уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; использовать современные фотоприёмные и излучающие устройства для научных и производственных задач

владеть: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

| № п/п | Вид контроля | Контролируемые темы (разделы) | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|-------|-----------------------|--|--|
| 1 | Входной контроль | Тема 1 | ПК-4 |
| 2 | Контрольная работа №1 | Тема 2 | ПК-1, ПК-4 |
| 3 | Контрольная работа №2 | Тема 3, Тема 4 | ПК-1, ПК-4 |
| 4 | Кейс задачи | Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5 | ПК-1, ПК-4 |
| 5 | Вопросы к зачету | Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5 | ПК-1, ПК-4 |

Примерные вопросы для входного контроля в форме собеседования

1. Что такое запрещенная зона, с чем связано ее появление в полупроводниках и диэлектриках?
2. У каких материалов (диэлектрики, полупроводники) ширина запрещенной зоны больше?
3. Назовите используемые в современной промышленности диэлектрические материалы и примерную ширину их запрещенной зоны
4. Чем обусловлена проводимость материалов?
5. Что такое дефекты по Шоттки и по Френкелю?

6. Какова частотная зависимость проводимости.
7. Методы измерений иммитанса.
8. Уровни проводимости материалов
9. Активная, реактивная и комплексная проводимость.

Демонстрационный вариант контрольной работы №1

1. Керамический (из материала с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_r = 6$) конденсатор был заряжен до напряжения 10 кВ, после чего источник напряжения был отключен и конденсатор был оставлен разомкнутым. Через 10 мин была измерена разность потенциалов между обкладками конденсатора; она оказалась равной 2500 В. Определите удельное объемное сопротивление керамического диэлектрика. Поверхностной утечкой при расчете пренебрегите.

2. Имеются два конденсатора со следующими значениями емкости и температурного коэффициента емкости: $C_1 = 2 \text{ мкФ}$; $\text{ТКС}_1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$, $C_2 = 8 \text{ мкФ}$; $\text{ТКС}_2 = -1 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$. Рассчитайте емкость и температурный коэффициент емкости системы этих конденсаторов: 1) при их параллельном соединении и 2) при их последовательном соединении

Демонстрационный вариант контрольной работы №2

1. Плоский конденсатор с расстоянием между обкладками 40 мм работает под напряжением 100 В частотой 400 Гц. Площадь каждой обкладки равна 0,1 м². Определите емкость конденсатора и постройте график распределения в нем потенциала ϕ , напряженности электрического поля E и электрического смещения D (в функции расстояния от одной из обкладок аналогично рис. 3.47) для трех случаев: 1) когда все пространство между обкладками конденсатора заполнено воздухом; 2) когда одна из обкладок покрыта слоем поликарбоната толщиной 10 мм, так что между поликарбонатом и второй обкладкой остается

воздушный зазор 30 мм; 3) когда все пространство между обкладками заполнено нефтяным маслом. Примите приближенно значения объемного удельного сопротивления ρ и диэлектрической проницаемости ϵ_r соответственно: для воздуха 10^{17} Ом-м и 1, для поликарбоната 10^{13} Ом-м и 3,3, для масла 10^{13} Ом м и 2,2.

2. Рассчитайте значения $\operatorname{tg}\delta$ при частотах 50 Гц и 50 кГц для нефтяного конденсаторного масла, имеющего удельное сопротивление 10^{14} Ом-м и диэлектрическую проницаемость 2,2.

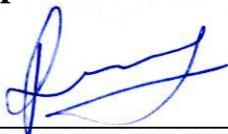
Вопросы и задания к экзамену

- 1) Основные параметры, характеризующие электропроводность диэлектриков
- 2) Механизмы электропроводности диэлектриков
- 3) Основные параметры, характеризующие поляризацию диэлектриков
- 4) Механизмы поляризации диэлектриков
- 5) Электрическая индукция и поляризованность
- 6) Диэлектрическая проницаемость
- 7) Классификация модельных представлений об индуцированной поляризации
- 8) Электронная упругая поляризация
- 9) Ионная упругая поляризация
- 10) Дипольная упругая поляризация
- 11) Дипольная поляризация, обусловленная тепловым движением
- 12) Ионная тепловая поляризация
- 13) Электронная электропроводность
- 14) Ионная электропроводность диэлектриков
- 15) Частотная зависимость проводимости.

- 16) Тангенс угла диэлектрических потерь
- 17) Диэлектрические потери при тепловой поляризации
- 18) Диэлектрические потери при упругой поляризации
- 19) Дефекты по Шоттки и по Френкелю.
- 20) Спектр иммитанса (годографы импеданса).
- 21) Методы измерений иммитанса.
- 22) Измеритель иммитанса E7-20. Структурная схема.
- 23) Зонная схема и проводимость LaF_3 .
- 24) Проявление дипольных центров в спектрах иммитанса,

диэлектрических потерь, ионных токов термодеполяризации, в оптических спектрах кристаллов.

Разработчик:



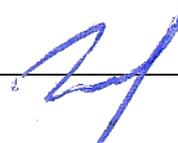
_____ (подпись)

_____ проф. _____ Е.А. Раджабов _____
(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«_30» 08 2021 г.

Протокол № _1_ Зав. кафедрой _____



Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.