



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и экспериментальной физики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.02.02 Высокореzистивные материалы

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Электроника и наноэлектроника

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: очная.

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 38
от «18» апреля 2023 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 7
от «31» января 2023 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н.
/ А.А. Гаврилюк

Иркутск 2023 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 «Материалы и компоненты твердотельной электроники». 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, Высокореzистивные 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: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); и готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: теоретические основы устройства и принципы работы фотоприемных и излучающих устройств на основе полупроводниковых структур;

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: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации, приемами и практическими навыками использования фотоприемных и излучающих устройств для практических задач.

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)	80				80
В том числе:	-			-	-
Лекции	22				22
Практические занятия (ПЗ)	22				22
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР	36				36
Самостоятельная работа (всего)	28				28
В том числе:	-			-	-
Домашние кейс-задачи	14				14
Домашние разноуровневые задачи	14				14
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен				экзамен
Контактная работа (всего)	44				44
Общая трудоемкость	часы				108
	зачетные единицы				3

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					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Введение в дисциплину	2	2			4	8
2.	Механизмы электропроводности диэлектриков	4	4			6	14
3.	Импедансная спектроскопия	5	5			6	16
4.	Теория диэлектрических потерь	6	6			6	18
5.	Диполи в диэлектрических кристаллах.	5	5			6	16

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных	Трудовое	Оценочные средства	Формируемые
			мощность		мы

	дисциплины (модуля)	работ	(часы)		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	ОПК-1, ПК-5
2.	Тема 2	Методы и приборы для измерений стационарной проводимости материалов	4	Практическая работа	ОПК-1, ПК-5
3.	Тема 3	Приборы и методы измерения иммитанса.	5	Практическая работа	ОПК-1, ПК-5
4.	Тема 4	Измерение диэлектрических потерь. Температурная и частотная зависимости потерь.	6	Практическая работа	ОПК-1, ПК-5
5.	Тема 5	Расчет параметров дипольных центров (энергия активации, частотный фактор) из кривых температурной зависимости	5	Практическая работа	ОПК-1, ПК-5

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		6
6-9	Тема 3	Кейс-задача	Приборы для измерения иммитанса		6
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.	6
16-17	Тема 5	Кейс-задача	Влияние примесных дипольных центров на		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 представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); и готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5).

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: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); и готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального

назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5).

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: способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); и готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5).

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 нанoeлектроники. 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 "Руконт". - 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 "Руконт". - 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. Филачев, 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. Филачев, 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>

Сверено с №Б ИГУ 

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 экзамена).

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	ОПК-1, ПК-5
2	Контрольная работа №1	Тема2	ОПК-1, ПК-5
3	Контрольная работа №2	Тема 3, Тема 4	ОПК-1, ПК-5
4	Кейс задачи	Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5	ОПК-1, ПК-5
5	Вопросы к экзамену	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5	ОПК-1, ПК-5

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: $C_1 = 2$ мкФ; $\text{ТКС}_1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, $C_2 = 8$ мкФ; $\text{ТКС}_2 = -1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. 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 Е7-20. 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)

д.ф.-м.н.,

(занимаемая должность)

Раджабов Е.А.

(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и
экспериментальной физики ИГУ

«31» января 2023 г.

Протокол № 7

Зав. кафедрой  д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.

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



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет
Кафедра Общей и экспериментальной физики

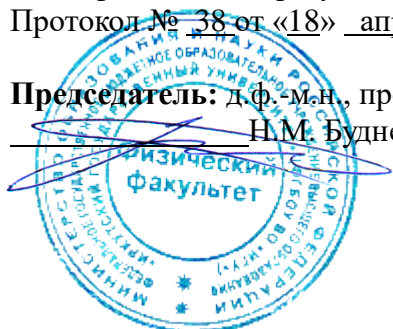
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине Б1.В.ДВ.02.02 Высокореzистивные материалы
направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
направленность (профиль) Электроника и наноэлектроника

Иркутск, 2023

Одобрено
УМК физического факультета
Протокол № 38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев



Разработан в соответствии с приказом от 19 сентября 2017 г. № 927 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 электроника и нанoeлектроника

Разработчик:

д.ф.-м.н.,

Раджабов Е.А.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.02.02 Высокореzистивные материалы

Направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленности (профили) подготовки Электроника и наноэлектроника

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

1. Компетенции (индикаторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 4 семестр 8):

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-1.1 Использует в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и наноэлектроники	Знать: современные проблемы достижений физики, электроники и наноэлектроники. Уметь: Использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и наноэлектроники. Владеть: Навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и наноэлектроники.
	ПК-1.2 Самостоятельно проводит экспериментальные научные исследования в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта	Знать: правила проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Уметь: Самостоятельно проводить экспериментальные научные исследования в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Владеть: Навыками проведения

		экспериментальных научных исследований в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта.
	ПК-1.3 Использует современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации	Знать: современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации Уметь: Использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации Владеть: способностью использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации
ПК-4 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-4.1 Знает категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, средства измерения, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге	Знать: категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге Уметь: Использовать категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге. Владеть: Навыками использования категорий (типов), видов стандартов и их особенностей; видов измерений, средств измерений, погрешностей; процедур и нормативных актов для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге
	ПК-4.2 Владеет	Знать:

	<p>навыками и методами расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>	<p>методы расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники.</p> <p>Уметь: Проводить расчёт параметров и характеристик, моделирование и проектирование</p> <p>Владеть: Навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>
	<p>ПК-4.3 Знаком с основными этапами сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>	<p>Знать: основные этапы сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции.</p> <p>Уметь: Ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p> <p>Владеть: Способностью ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>

2. Текущий контроль

Программа оценивания контролируемых компетенций ПК–1, ПК-4

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Основные сведения о полупроводниках.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос. Контрольная работа.	
Контактные явления в полупроводниках.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка	Письменный опрос. Контрольная работа.	

			«неудовлетворительно».	
Полупроводниковые диоды.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос. Контрольная работа.
Биполярные транзисторы.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос.
Тиристоры.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос.
МДП – транзисторы.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Устный опрос.
Полевые транзисторы с управляющим переходом.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос.
Полупроводниковые излучатели и фотоприемники.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос.
Полупроводниковые резисторы и преобразователи.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос.
Сведения по надежности полупроводниковых приборов.	ПК–1, ПК-4	Оценка за выполненное задание	Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»; «не зачтено» - оценка «неудовлетворительно».	Письменный опрос.

3.3 Оценочные материалы (средства), обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

В этом разделе могут быть представлены зачётно-экзаменационные материалы, содержащие комплекты вопросов (заданий) для зачёта и экзаменационных билетов для экзамена, а также критерии формирования оценок. Решением кафедры в состав экзаменационных билетов для экзамена или заданий к зачёту вместо вопросов, задач/заданий, могут включаться тесты и иные КИМ, применение которых позволит оценить уровни сформированности компетенций у студентов.

Обратите внимание! Данный раздел содержит только тот материал, который используется автором при проведении промежуточной аттестации (зачет или экзамен) по дисциплине (модулю) и указан в его рабочей программе.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

*«Иркутский государственный
университет»*

(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Ионная упругая поляризация
2. Проявление дипольных центров в спектрах иммитанса, диэлектрических потерь, ионных токов термодеполяризации, в оптических спектрах кристаллов.
3. Измеритель иммитанса E7-20. Структурная схема.

Педагогический работник _____ (подпись) _____ Е.А. Раджабов

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ А.А. Гаврилюк

«31» января 2023 г.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет

Вопросы для собеседования

- 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 Е7-20. Структурная схема.
- 23) Зонная схема и проводимость LaF₃.
- 24) Проявление дипольных центров в спектрах иммитанса, диэлектрических потерь, ионных токов термодеполяризации, в оптических спектрах кристаллов.

Педагогический работник _____ Е.А. Раджабов
(подпись)

Заведующий кафедрой _____ А.А. Гаврилюк
(подпись)

«31» января 2023 г.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

*«Иркутский государственный
университет»*
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Физический факультет**

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тест №1 (пример)

Тестовое комплексное задание для контроля знаний

Инструкция:

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы.

Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 45 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос блока А оценивается в 1 балл;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Б и В – 1,5 балла;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Г и Д – 2 балла.

БЛОК А.

Выберите один правильный ответ и обведите его кружком:

1. *Что такое удельное сопротивление материала?*

- a) *Электрическое сопротивление материала при единичной длине*
- b) *Электрическое сопротивление материала при единичной площади*
- c) *Электрическое сопротивление материала при единичном объеме*
- d) *Электрическое сопротивление материала при двойной длине*

Ответ: c

2. *Какие факторы влияют на увеличение удельного сопротивления материала?*

- a) *Увеличение температуры*
- b) *Уменьшение длины материала*
- c) *Увеличение сечения материала*
- d) *Увеличение концентрации примесей*

Ответ: a, d

3. *Какой эффект наблюдается в материалах при повышении температуры?*

- a) Уменьшение удельного сопротивления
- b) Увеличение удельного сопротивления
- c) Не изменяется
- d) Зависит от типа материала

Ответ: b

4. Какой материал широко используется в высокорезистивных элементах электроники?

- a) Медь
- b) Алюминий
- c) Силиций
- d) Никель-хром

Ответ: c

5. Что такое "полупроводниковое" удельное сопротивление?

- a) Очень низкое удельное сопротивление
- b) Очень высокое удельное сопротивление
- c) Удельное сопротивление, близкое к металлам
- d) Удельное сопротивление, близкое к проводникам

Ответ: b

6. Какой метод измерения удельного сопротивления материала чаще всего используется в лабораторных условиях?

- a) Метод измерения теплопроводности
- b) Метод измерения магнитной восприимчивости
- c) Метод четырех контактов
- d) Метод дифракции рентгеновских лучей

Ответ: c

7. Какие материалы обычно используются в качестве терморезисторов?

- a) Металлы
- b) Полупроводники
- c) Диэлектрики
- d) Суперпроводники

Ответ: b

8. Какие факторы могут повысить удельное сопротивление полупроводника?

- a) Увеличение примесей
- b) Увеличение температуры
- c) Уменьшение примесей
- d) Увеличение освещенности

Ответ: a, b

9. Какой эффект наблюдается в полупроводниках при увеличении освещенности?

- a) Увеличение удельного сопротивления
- b) Уменьшение удельного сопротивления
- c) Не изменяется
- d) Зависит от типа полупроводника

Ответ: b

10. Какой материал используется в резисторах для высоких частот?

- a) Углерод
- b) Силиций
- c) Стекло
- d) Медь

Ответ: a

11. Какой физический эффект используется в пьезорезистивных материалах?

- a) Эффект Холла
- b) Эффект Пельтье
- c) Эффект Пьезоэлектричества
- d) Эффект Фотоэлектричества

Ответ: c

12. Какие материалы могут проявлять пьезорезистивность?

- a) Металлы
- b) Полупроводники
- c) Диэлектрики
- d) Пьезокерамика

Ответ: b, d

13. Какое измерительное устройство основано на пьезорезистивности?

- a) Термометр
- b) Датчик давления
- c) Вольтметр
- d) Амперметр

Ответ: b

14. Что такое "пьезорезистор"?

- a) Элемент, меняющий свое сопротивление при воздействии давления
- b) Элемент, генерирующий электрическое напряжение при давлении
- c) Элемент, работающий на основе эффекта Фотоэлектричества

d) Элемент, работающий на основе эффекта Термоэлектричества
Ответ: a

15. Какие материалы часто используются в изготовлении пьезоэлектрических датчиков?

- a) Медь
- b) Стекло
- c) Кварц
- d) Серебро

Ответ: c

16. Какой эффект основан на явлении, когда материалы изменяют свой объем под действием электрического поля?

- a) Эффект Фотоэлектричества
- b) Эффект Пьезоэлектричества
- c) Эффект Холла
- d) Эффект Термоэлектричества

Ответ: b

17. Какой материал широко используется в пьезоэлектрических активаторах для генерации звука?

- a) Алюминий
- b) Кварц
- c) Никель
- d) Золото

Ответ: b

18. Что такое "пьезостекло"?

- a) Материал, обладающий высокой пьезорезистивностью
- b) Материал, который можно изменять при давлении
- c) Тип стекла, обладающий пьезоэлектрическими свойствами
- d) Тип стекла, который не реагирует на электрические поля

Ответ: c

19. Какие применения у пьезоэлектрических материалов, помимо датчиков и активаторов?

- a) Генерация электрической энергии из механических колебаний
- b) Изготовление магнитов
- c) Производство стекла
- d) Создание солнечных батарей

Ответ: a

20. Какие материалы называются "магнеторезистивными"?

- a) *Материалы, которые обладают магнитными свойствами*
- b) *Материалы, изменяющие свое сопротивление под воздействием магнитного поля*
- c) *Материалы, используемые в магнитах*
- d) *Материалы, которые не реагируют на магнитное поле*

Ответ: b

21. *Какие типы магнеторезистивных эффектов существуют?*

- a) *Магнеторезистивность Гигантского Магнетосопротивления (GMR)*
- b) *Магнитный резонанс*
- c) *Магнитный ветер*
- d) *Магнитный шум*

Ответ: a

22. *Какие материалы обычно используются для создания магнеторезистивных датчиков?*

- a) *Медь*
- b) *Стекло*
- c) *Ферромагнетики*
- d) *Серебро*

Ответ: c

23. *Как работает магнеторезистивный датчик?*

- a) *Изменяет сопротивление под воздействием магнитного поля*
- b) *Изменяет сопротивление под воздействием света*
- c) *Изменяет сопротивление под воздействием температуры*
- d) *Изменяет сопротивление под воздействием влажности*

Ответ: a

24. *Для каких приложений магнеторезистивные датчики наиболее подходят?*

- a) *Измерение температуры*
- b) *Измерение давления*
- c) *Измерение магнитных полей*
- d) *Измерение света*

Ответ: c

25. *Какой материал используется в магнеторезистивных жестких дисках для чтения данных?*

- a) *Полупроводники*
- b) *Ферромагнетики*
- c) *Диэлектрики*
- d) *Сверхпроводники*

Ответ: b

26. Какой эффект используется в магнеторезистивных сенсорах для навигации, таких как компасы?

- a) Эффект Мёссбауэра
- b) Эффект Холла
- c) Эффект Гигантского Магнетосопротивления (GMR)
- d) Эффект Пьезоэлектричества

Ответ: c

27. Какие приборы могут использоваться для измерения магнеторезистивных эффектов?

- a) Осциллограф
- b) Вольтметр
- c) Мультиметр
- d) Гауссметр

Ответ: d

28. Какие материалы обычно используются в гигантском магнетосопротивлении (GMR)?

- a) Металлы
- b) Полупроводники
- c) Диэлектрики
- d) Ферромагнетики

Ответ: a

29. Какой из следующих материалов не является высокорезистивным материалом?

- a) Кварц
- b) Медь
- c) Стекло
- d) Силиций

Ответ: b

30. Какой физический эффект используется в магнеторезистивных датчиках для измерения магнитных полей?

- a) Эффект Гигантского Магнетосопротивления (GMR)
- b) Эффект Пьезоэлектричества
- c) Эффект Термоэлектричества
- d) Эффект Фотоэлектричества

Ответ: a

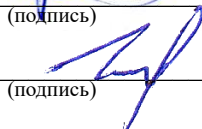
Педагогический работник



(подпись)

Е.А. Раджабов

Заведующий кафедрой



(подпись)

А.А. Гаврилюк

«31» января 2023 г.

Критерии оценивания теста:

Отметка «5» ставится при правильном выполнении 90% заданий теста.

Отметка «4» ставится при правильном выполнении 60% заданий теста.

Отметка «3» ставится при правильном выполнении 35% заданий теста.

Отметка «2» ставится при правильном выполнении 15% заданий теста.