

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»

Проректор по учебно-методической работе

_____ Ю.А. Устименко

«__» _____ 20__ г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.О.26 Радиоматериалы и радиокомпоненты**

Направление подготовки: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы и комплексы**

Форма обучения: очная

Курс – 2

Семестр – 4

Всего зачетных единиц – 4, часов – 144

Форма отчетности: зачет – 4 семестр

Программу разработал: кандидат технических наук, доцент Царегородцев Е.Л.

Одобрена на заседании кафедры

«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Смоленск
2021

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Радиоматериалы и радиокомпоненты» включена в обязательную часть образовательной программы по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника.

Содержание дисциплины «Радиоматериалы и радиокомпоненты» находится в содержательно-методической взаимосвязи с такими дисциплинами, как «Физика», «Основы теории радиотехнических цепей и сигналов».

Для освоения дисциплины «Радиоматериалы и радиокомпоненты» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в результате изучения таких дисциплин, как «Физика», а также «Ознакомительная практика».

В результате изучения дисциплины «Радиоматериалы и радиокомпоненты» студенты приобретают знания по теоретическим основам радиоматериалов и радиокомпонентов; о физической сущности процессов, протекающих в диэлектрических, полупроводниковых и магнитных материалах при использовании их в приборах радиотехники; об основных требованиях, предъявляемых к различным группам функциональных и конструкционных материалов, а также особенностях применения разных групп материалов в радиотехнике; о физических принципах работы, конструкциях, типоминналах, эксплуатационных характеристиках пассивных радиокомпонентов (резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов, линий задержки); о принципах обозначения (маркировки) российских и зарубежных пассивных радиокомпонентов; закрепляют умения и навыки применения на практике основных приемов и программных средств обработки и представления данных в соответствии с задачей исследования характеристик и параметров радиоматериалов и радиокомпонентов, необходимые для изучения дисциплин «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств», «Устройства сверхвысокой частоты и антенны» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Знать: принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем Уметь: проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств радиотехнических систем Владеть: навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем
ПК-5. Способен осуществлять организационно-методическое обеспечение технической эксплуатации радиоэлектронных систем и комплексов	Знать: общие технические требования к радиоэлектронным системам и комплексам; сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках радиоэлектронных систем и комплексов; методы технического сопровождения радиоэлектронных систем и комплексов; методы и средства контроля технического состояния радиоэлектронных систем и комплексов Уметь: планировать мероприятия по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов при непосредственной их эксплуатации, хранении, транспортировании; проводить рекламационные работы для устранения возникших во время эксплуатации неисправностей в радиоэлектронных системах, комплексах и их составных частях Владеть: методами планирования и проведения

	мероприятий по техническому обслуживанию радиоэлектронных систем и комплексов; методиками проведения профилактических, ремонтных работ по обеспечению и восстановлению работоспособного состояния и ресурсов радиоэлектронных систем и комплексов.
--	--

3. Содержание дисциплины

Введение. Общие свойства радиоматериалов и радиокомпонентов и их классификация.

Физические процессы в диэлектриках. Классификация диэлектриков. Признаки, по которым вещества относят к диэлектрикам. Параметры диэлектриков. Электрическая поляризация. Элементарный электрический момент. Виды упругой поляризации. Электропроводность. Электрическая прочность. Диэлектрические потери. Пассивные и активные диэлектрики.

Диэлектрические материалы. Определение, основные свойства. Особенности электрофизических свойств. Характеристики, описывающие поведение диэлектриков в электрических полях. Группы (типы) поляризации. Электрическое смещение. Применение диэлектрических материалов в радиотехнике.

Магнитные материалы. Намагничивание ферромагнетиков. Основные определения. Виды магнетизма. Классификация веществ по магнитным свойствам. Основная кривая намагничивания, петля гистерезиса. Условия возникновения доменной структуры. Влияние частоты приложенного магнитного поля на относительную магнитную проницаемость. Намагничивание в переменном магнитном поле. Виды потерь. Магнитострикция. Классификация магнитных материалов.

Полупроводниковые материалы. Общие сведения. Энергия активации. Область применения. Электропроводность. Механизм образования свободных носителей заряда. Дефекты решетки. Донорные полупроводники. Терморезистор. Влияние напряженности внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников. Варистор. Термоэлектрические эффекты в полупроводниках. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Эффект Холла. Фотоэлектрические явления.

Пассивные радиокомпоненты. Общие сведения. Резисторы: классификация и конструкция; параметры; система обозначений и маркировка; конструктивно-технологические разновидности; специальные резисторы. Конденсаторы: классификация и конструкция; параметры; система обозначений и маркировка; основные разновидности конденсаторов. Катушки индуктивности: физическая природа индуктивности; конструкции катушек; индуктивность и собственная емкость; потери; разновидности катушек индуктивности. Трансформаторы: магнитопроводы трансформаторов; физические основы функционирования трансформаторов; потери; основные принципы расчета трансформаторов.

Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных радиоматериалов и радиокомпонентов.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Введение. Общие свойства радиоматериалов и радиокомпонентов и их классификация.	4	2	–	2
2.	Физические процессы в диэлектриках.	12	4	–	8

2.1.	Классификация диэлектриков. Признаки, по которым вещества относят к диэлектрикам. Параметры диэлектриков. Электрическая поляризация. Элементарный электрический момент.	6	2	–	4
2.2.	Виды упругой поляризации. Электропроводность. Электрическая прочность. Диэлектрические потери. Пассивные и активные диэлектрики.	6	2	–	4
3.	Диэлектрические материалы.	22	4	6	12
3.1.	Определение, основные свойства. Особенности электрофизических свойств. Характеристики, описывающие поведение диэлектриков в электрических полях.	8	2	–	6
3.2	Группы (типы) поляризации. Электрическое смещение. Применение диэлектрических материалов в радиотехнике.	14	2	6	6
4.	Магнитные материалы.	24	8	–	16
4.1.	Намагничивание ферромагнетиков. Основные определения. Виды магнетизма.	6	2	–	4
4.2	Классификация веществ по магнитным свойствам. Основная кривая намагничивания, петля гистерезиса.	6	2	–	4
4.3	Условия возникновения доменной структуры. Влияние частоты приложенного магнитного поля на относительную магнитную проницаемость.	6	2	–	4
4.4	Намагничивание в переменном магнитном поле. Виды потерь. Магнитострикция. Классификация магнитных материалов.	6	2	–	4
5.	Полупроводниковые материалы.	24	6	–	18
5.1	Общие сведения. Энергия активации. Область применения. Электропроводность. Механизм образования свободных носителей заряда. Дефекты решетки.	8	2	–	6
5.2	Донорные полупроводники. Терморезистор. Влияние напряженности внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников. Варистор.	8	2	–	6
5.3	Термоэлектрические эффекты в полупроводниках. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Эффект Холла. Фотоэлектрические явления.	8	2	–	6
6.	Пассивные радиокомпоненты.	56	6	26	24
6.1	Общие сведения. Резисторы: классификация и конструкция; параметры; система обозначений и маркировка; конструктивно-технологические разновидности; специальные резисторы.	14	2	6	6

6.2	Конденсаторы: классификация и конструкция; параметры; система обозначений и маркировка; основные разновидности конденсаторов.	17	1	10	6
6.3	Катушки индуктивности: физическая природа индуктивности; конструкции катушек; индуктивность и собственная емкость; потери; разновидности катушек индуктивности.	13	1	6	6
6.3	Трансформаторы: магнитопроводы трансформаторов; физические основы функционирования трансформаторов; потери; основные принципы расчета трансформаторов.	12	2	4	6
7	Заключение. Перспективы и тенденции разработки современных радиоматериалов и радиокомпонентов.	2	2	–	–
	Итого	144	32	32	80

5. Виды образовательной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция №1. Введение. Общие свойства радиоматериалов и радиокомпонентов и их классификация.

Лекция №2. Физические процессы в диэлектриках. Классификация диэлектриков. Признаки, по которым вещества относят к диэлектрикам. Параметры диэлектриков. Электрическая поляризация. Элементарный электрический момент.

Лекция №3. Физические процессы в диэлектриках. Виды упругой поляризации. Электропроводность. Электрическая прочность. Диэлектрические потери. Пассивные и активные диэлектрики.

Лекция №4. Диэлектрические материалы. Определение, основные свойства. Особенности электрофизических свойств. Характеристики, описывающие поведение диэлектриков в электрических полях.

Лекция №5. Диэлектрические материалы. Группы (типы) поляризации. Электрическое смещение. Применение диэлектрических материалов в радиотехнике.

Лекция №6. Магнитные материалы. Система единиц СИ. Намагничивание ферромагнетиков. Основные определения. Виды магнетизма.

Лекция №7. Магнитные материалы. Классификация веществ по магнитным свойствам. Основная кривая намагничивания, петля гистерезиса.

Лекция №8. Магнитные материалы. Условия возникновения доменной структуры. Влияние частоты приложенного магнитного поля на относительную магнитную проницаемость.

Лекция №9. Магнитные материалы. Намагничивание в переменном магнитном поле. Виды потерь. Магнитострикция. Классификация магнитных материалов.

Лекция №10. Полупроводниковые материалы. Общие сведения. Энергия активации. Область применения. Электропроводность. Механизм образования свободных носителей заряда. Дефекты решетки.

Лекция №11. Полупроводниковые материалы. Донорные полупроводники. Терморезистор. Влияние напряженности внешнего электрического поля на электропроводность полупроводников. Варистор.

Лекция №12. Полупроводниковые материалы. Термоэлектрические эффекты в полупроводниках. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Эффект Холла. Фотоэлектрические явления.

Лекция №13. *Пассивные радиокомпоненты.* Общие сведения. Резисторы: классификация и конструкция; параметры; система обозначений и маркировка; конструктивно-технологические разновидности; специальные резисторы.

Лекция №14. *Пассивные радиокомпоненты.* Конденсаторы: классификация и конструкция; параметры; система обозначений и маркировка; основные разновидности конденсаторов. Катушки индуктивности: физическая природа индуктивности; конструкции катушек; индуктивность и собственная емкость; потери; разновидности катушек индуктивности.

Лекция №15. *Пассивные радиокомпоненты.* Трансформаторы: магнитопроводы трансформаторов; физические основы функционирования трансформаторов; потери; основные принципы расчета трансформаторов.

Лекция №16. *Заключение.* Перспективы и тенденции разработки современных радиоматериалов и радиокомпонентов.

Занятия семинарского типа (лабораторные занятия)

Лабораторная работа №1. Исследование пьезоэлектрического фильтра (6 часов).

Цель: изучить устройство и принцип работы пьезофильтра; овладеть методикой определения рабочей частоты пьезофильтра.

Оборудование: генератор сигналов, частотомер, осциллограф.

Задания:

1. Определить резонансную частоту пьезоэлектрического фильтра по показаниям частотомера.

2. Построить резонансную кривую $U = f(F)$ пьезофильтра при перестройке частоты генератора в указанном диапазоне.

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы пьезоэлектриков.

2. Конструкция пьезоэлектрического фильтра.

3. Параметры и схема замещения пьезоэлектрического фильтра.

4. Особенности применения пьезоэлектрического фильтра в схемах генераторов.

Лабораторная работа №2. Исследование электрических свойств проводниковых материалов (линейных постоянных резисторов) (6 часов).

Цель: исследовать температурную зависимость сопротивления проводниковых материалов; ознакомиться с системой обозначений и типами линейных постоянных резисторов.

Оборудование: резисторы, амперметр, вольтметр, источник питания.

Задания:

1. Снять вольт-амперную характеристику мощного проволочного резистора типа ПЭВ-25.

Контрольные вопросы:

1. Основные параметры постоянных резисторов.

2. Удельное сопротивление ρ , температурный коэффициент удельного сопротивления $\alpha\rho$, удельная термоэлектродвижущая сила α_T .

3. Маркировка резисторов.

Лабораторная работа №3. Исследование характеристик конденсаторов постоянной емкости (4 часа).

Цель: ознакомление с различными видами конденсаторов постоянной ёмкости, в том числе электролитическими. Исследование температурной стабильности ёмкости и тока утечки конденсаторов.

Оборудование: керамические конденсаторы различной емкости, источник питания, вольтметр, мультиметр,

Задания:

1. Измерить ёмкость конденсаторов при комнатной температуре.
2. Произвести постепенный нагрев конденсаторов до максимальной рабочей температуры с одновременным измерением ёмкости.
3. Измерить ток утечки конденсатора.
4. Исследовать зависимость от времени напряжения на конденсаторе в процессе его зарядки.

Контрольные вопросы:

1. Что такое конденсатор?
2. Что такое ТКЕ и от чего он зависит?
3. Термостабильность конденсаторов.

Лабораторная работа №4. Исследование полупроводниковых конденсаторов переменной емкости (варикапов) (6 часов).

Цель: теоретическое и экспериментальное исследование электрических параметров варикапов; овладение методикой измерения основных электрических параметров варикапов.

Оборудование: варикап, автогенератор, конденсатор постоянной емкости, частотомер.

Задания:

1. Снять зависимость частоты автогенератора от напряжения на варикапе. Рассчитать вольт-фарадную характеристику варикапа.
2. Построить график вольт-фарадной характеристики варикапа.
3. Рассчитать коэффициент перекрытия данного варикапа

Контрольные вопросы:

1. Принцип изменения ёмкости варикапа.
2. Конструкция варикапа.
3. Эквивалентная схема варикапа.
4. Параметры варикапа.
5. Особенности применения варикапов в качестве конденсаторов переменной ёмкости.

Лабораторная работа №5. Исследование катушек индуктивности (6 часов).

Цель: изучение влияния конструкции катушек индуктивности на их электрические параметры.

Оборудование: катушка индуктивности со сплошной однослойной обмоткой, катушка индуктивности с однослойной обмоткой с шагом, катушка индуктивности со сплошной многослойной обмоткой, цилиндрическая катушка с сердечником; измеритель индуктивностей и емкостей.

Задания:

1. Рассчитать индуктивность, собственную ёмкость, добротность на частоте ___ кГц катушек индуктивностей, предложенных преподавателем, предварительно измерив их геометрические параметры.

2. Исследовать зависимость индуктивности цилиндрических катушек от глубины погружения регулировочного сердечника.

Контрольные вопросы:

1. Назначение катушек индуктивности и их основные параметры.
2. Как влияют конструктивные особенности катушек на их основные электрические параметры?
3. Как влияют сердечники на параметры катушек индуктивности?
4. Поясните принцип измерения индуктивности используемый в лабораторной работе.
5. Как рассчитать собственную частоту катушки индуктивности?

Лабораторная работа №6. Исследование трансформаторов питания (4 часа).

Цель: расчёт маломощного трансформатора питания и экспериментальное исследование его основных параметров.

Оборудование: маломощный трансформатор, амперметр, вольтметр, источник питания, магазин сопротивлений.

Задания:

1. Провести расчет предложенного трансформатора.
2. Снять следующие зависимости и построить графики:
 - а) зависимость тока первичной обмотки от величины нагрузки;
 - б) зависимость тока вторичной обмотки от величины нагрузки;
 - в) зависимость напряжения вторичной обмотки от сопротивления нагрузки

Контрольные вопросы:

1. Схема замещения трансформатора.
2. Основные и паразитные характеристики трансформатора.
3. Характеристика потерь в реальном трансформаторе.
4. Типы магнитопроводов и их характеристика.

Самостоятельная работа

1. Подготовка к лабораторным занятиям.

Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям. Подготовка к лабораторным занятиям включает в себя изучение теоретического материала по теме занятия, подготовку ответов на вопросы к защите лабораторной работы, а также, в случае необходимости, обработку результатов измерений и вычисление погрешностей. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы приведены в планах лабораторных занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем лабораторном занятии.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы.* На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает экспериментальную установку, приборы и оборудование.

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных.* На данном этапе студент получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, заносит полученные данные в заготовку отчета. Все проведенные измерения обязательно проверяются преподавателем, который отмечает их правильность своей подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимую математическую обработку результатов эксперимента и на основании полученных данных делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого явления, методики проведения эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных.

2. Вопросы для самоконтроля

1. Какой материал называют собственным полупроводником и каковы его основные свойства?
2. Какие примеси в полупроводниках называют донорными, а какие - акцепторными?
3. Каковы соотношения концентраций электронов и дырок в собственном и примесном полупроводниках?
4. Прокомментируйте кривую температурной зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике.

5. Каков физический смысл параметра «подвижность носителей заряда» в полупроводнике?
6. Какие механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках вам известны?
7. Какие источники энергии могут использоваться для генерации носителей заряда в полупроводнике?
8. Какие свойства кремния сделали его основным материалом современной полупроводниковой микроэлектроники?
9. Какие полупроводниковые материалы наиболее перспективны для создания гетеропереходов?
10. Какие полупроводниковые материалы используют для изготовления инжекционных лазеров и светодиодов?
11. Как и почему удельное сопротивление металлов изменяется с изменением температуры?
12. Дайте определение температурного коэффициента удельного сопротивления. Является ли его значение константой для каждого конкретного металла?
13. Какие факторы влияют на удельное сопротивление металлов? Сформулируйте, какие проводниковые материалы называют сплавами?
14. С привлечением правила Матиссена поясните, почему удельное сопротивление металлических сплавов выше, чем удельное сопротивление металлов, образующих эти сплавы?
15. Почему и как удельное сопротивление тонких металлических пленок отличается от сопротивления соответствующих металлов в массивном состоянии?
16. Поясните, как зависит удельное сопротивление тонких металлических пленок от их толщины.
17. Какое физическое явление называют сверхпроводимостью? Что такое высокотемпературная сверхпроводимость?
18. Какие теории сверхпроводимости вам известны?
20. Приведите примеры, иллюстрирующие наличие явления сверхпроводимости в металлах.
21. Какое физическое явление называют поляризацией диэлектрика?
22. Какие механизмы поляризации диэлектриков вам известны?
23. Что отличает механизмы упругой поляризации от механизмов поляризации релаксационной?
24. Каковы механизмы электропроводности твердых диэлектриков?
25. Что такое «диэлектрические потери»? Какими явлениями в диэлектрике они обусловлены?
26. Что понимают под «пробоем диэлектрика»? Какие механизмы пробоя твердых диэлектриков вам известны?
27. Каковы особенности кристаллохимического строения сегнетоэлектриков?
28. Какие факторы обуславливают высокую диэлектрическую проницаемость и наличие гистерезиса поляризационной кривой у сегнетоэлектриков?
29. Какие материалы используются в качестве диэлектрических оснований печатных плат?
30. Пригоден ли стеклотекстолит для использования в качестве материала печатной платы, работающей в СВЧ-диапазоне?
31. Какие процессы происходят в ферромагнетике при его намагничивании внешним магнитным полем?
32. Что называют основной кривой намагничивания материала?
33. Как зависит статическая магнитная проницаемость ферромагнетика от напряженности внешнего магнитного поля?

34. Как влияет температура окружающей среды на индукцию насыщения ферромагнетика?
35. Каковы причины возникновения магнитных потерь при циклическом перемагничивании ферромагнетиков?
36. Какие свойства ферритов обеспечивают их успешное применение в СВЧ-технике?
37. Какова специфика требований, предъявляемых к ферритам, используемым в СВЧ-технике?
38. Перечислите основные эксплуатационные параметры конденсаторов постоянной емкости.
39. Какие группы диэлектрических материалов, применяемых в конденсаторостроении, вам известны?
40. В конденсаторах каких типов используют неорганические диэлектрики? Каковы основные области применения этих конденсаторов?
41. Какие параметры конструкции конденсатора определяют его емкость и тангенс угла диэлектрических потерь?
42. За счет чего обеспечиваются высокие удельные параметры конденсаторов с оксидным диэлектриком?
43. Каковы основные особенности конструкции и преимущества применения чип-конденсаторов?
44. Какие материалы и технологические приемы используют при изготовлении непроволочных резисторов?
45. Назовите основные эксплуатационные параметры постоянных резисторов.
46. Чем определяется нелинейность вольт-амперной характеристики варисторов?
47. Каковы природа позисторного эффекта и отличительные особенности позисторов по сравнению с традиционными терморезисторами?
48. Каковы основные методы создания p-n - переходов в полупроводниковом кристалле?
49. Какой параметр полупроводникового материала является определяющим для рабочей длины волны формируемого фоторезистора?
50. Какова природа вентильного эффекта в полупроводниковых диодах с p-n - переходом и с контактом «металл-полупроводник»?
51. Что определяет зависимость емкости полупроводникового диода от напряжения обратного смещения?
52. Какие приборы, использующие свойства полупроводниковых гетеропереходов, вам известны?
53. Каковы конструктивные особенности пассивных элементов ГИС?
54. Перечислите основные технологические приемы, используемые при изготовлении пассивных элементов ГИС.

3. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса

Часть теоретических вопросов курса выносятся на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить конспект, по возможности включающий следующие пункты:

- краткая история открытия явления, закона, изобретения;
- основные физические законы и теории, на которых основывается объяснение данного явления;
- математическая модель описываемого явления и выводы из нее;
- экспериментальная проверка справедливости теории, модели и выводов из нее;

– практическое применение описываемого явления, процесса.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий, зачета и экзамена.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Медь и ее сплавы. Свойства, марки и их применение.
2. Алюминий и его сплавы. Свойства, марки и их применение.
3. Припои. Назначение. Требования, предъявляемые к припоям. Классификация припоев. Марки мягких припоев, области их применения. Марки твердых припоев, области их применения.
4. Флюсы (активные, бескислотные, активированные, антикоррозионные). Состав, назначение, характеристики.
5. Простые полупроводники: германий, кремний. Основные электрические и физические свойства. Получение. Марки по ГОСТ. Области применения.
6. Соединения $A^{III}B^V$: арсениды, антимониды, фосфиды. Основные электрические и физические свойства. Получение. Марки по ГОСТ. Области применения.
7. Соединения $A^{II}B^{VI}$: Основные электрические и физические свойства. Получение. Марки по ГОСТ. Области применения.
8. Соединения $A^{IV}B^{IV}$: Основные электрические и физические свойства. Получение. Марки по ГОСТ. Области применения.
9. Соединения $A^{IV}B^{VI}$: Основные электрические и физические свойства. Получение. Марки по ГОСТ. Области применения.
10. Полярные полимеры – ПВХ, лавсан, полиамидные соединения. Состав, применение, электрические, химические и механические свойства, применение.
11. Композиционные пластмассы и слоистые пластики. Синтетические смолы, гетинакс, текстолит, стеклотекстолит. Состав, применение, электрические, химические и механические свойства.
12. Материалы для печатных плат. Состав, наименования, особенности применения, электрические, химические и механические свойства.
13. Электроизоляционные компаунды. Термопластичные и терморезистивные компаунды. Заливочные и пропиточные компаунды. Состав, применение, электрические, химические и механические свойства.
14. Ситаллы. Состав, применение, технология производства, электрические, химические и механические свойства.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. Выполнение и защита лабораторной работы.

Критерии оценивания лабораторной работы

По результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «зачтено»** при выполнении следующих условий:

- 1) самостоятельное выполнение эксперимента и получение корректных экспериментальных данных;
- 2) наличие самостоятельно подготовленного отчета по установленной форме, в котором отражены результаты измерений и вычислений, в том числе погрешностей (при необходимости), а также представлены графики в соответствии с заданиями к лабораторной работе;
- 3) правильные ответы на все контрольные вопросы к данной лабораторной работе.

При невыполнении хотя бы одного из вышеперечисленных пунктов по результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «не зачтено»**.

2. Подготовка конспекта по вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение (перечень вопросов курса, выносимых на самостоятельное изучение, приведен в разделе «Самостоятельная работа»).

Критерии оценивания конспектов по прикладным вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение

Показатель	Количество баллов
1) Полнота и глубина изложения ответа (усвоенные теории, понятия, факты)	1
2) Логика изложения материала	1
3) Примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
4) Использование при подготовке ответа на вопрос дополнительных источников информации	1
5) Оформление работы	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 5

Оценка «зачтено» - 3 балла и более; оценка «не зачтено» - менее 3 баллов.

3. Контрольная работа

Пример задания для контрольной работы

Задача №1. Для плоского конденсатора с зарядом Q , имеющего металлические обкладки площадью S , расположенные на расстоянии d друг от друга и разделенные слоем материала с диэлектрической проницаемостью ϵ , определить:

- емкость;
- удельную емкость;
- разность потенциалов между обкладками;
- напряженность электрического поля в диэлектрике;
- энергию, запасенную в конденсаторе;
- плотность запасенной в конденсаторе энергии.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Материал диэлектрика	Диэлектрическая проницаемость	Толщина диэлектрика, мкм
1	Политетрафторэтилен	2	1000
2	Оксид алюминия	10	0,2
3	Керамика на основе титаната циркония	40	100
4	Поликарбонат	3	10
5	Пятиокись ниобия	41	0,05
6	Керамика на основе титаната бария	9000	10
7	Ультрафарфор	8,2	6
8	Керамика на основе ниобата свинца	30000	3
9	Слюда	7	1000
0	Пятиокись тантала	27	0,01

Таблица 2

	Предпоследняя цифра шифра				
	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 0
Площадь электродов, м ²	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
Материал диэлектрика	Заряд конденсатора, Кл				
Политетрафторэтилен	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$4,4 \cdot 10^{-11}$	$1,7 \cdot 10^{-12}$	$7,0 \cdot 10^{-14}$	$1,8 \cdot 10^{-16}$
Окись алюминия	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-9}$	$4,4 \cdot 10^{-12}$
Керамика на основе титаната циркония	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$8,8 \cdot 10^{-9}$	$3,5 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$3,5 \cdot 10^{-14}$
Поликарбонат	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-9}$	$2,6 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$2,6 \cdot 10^{-14}$
Пятиокись ниобия	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$7,3 \cdot 10^{-7}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-11}$
Керамика на основе титаната бария	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-8}$	$8,0 \cdot 10^{-11}$
Ультрафарфор	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$1,2 \cdot 10^{-13}$
Керамика на основе ниобата свинца	$8,9 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$8,9 \cdot 10^{-10}$
Слюда	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	$6,2 \cdot 10^{-12}$	$2,5 \cdot 10^{-13}$	$6,2 \cdot 10^{-16}$
Пятиокись тантала	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	$9,6 \cdot 10^{-8}$	$2,4 \cdot 10^{-10}$

Задача №2. Для печатной платы, фрагмент топологии которой приведен на рис., определить:

- сопротивление изоляции между проводниками 1 и 2;
- максимальные величины токов, которые могут быть пропущены по каждому из проводников, если толщина проводников δ , а допустимая плотность тока на прямолинейных участках проводников $j_{\text{доп}}$;
- падение напряжения ΔU и выделяющуюся мощность P на участке проводника 2 длиной при прохождении по нему максимального по величине допустимого тока.

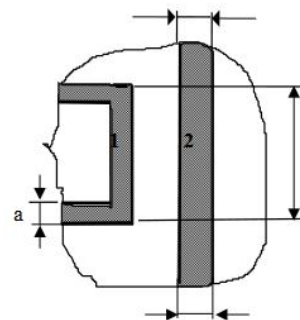


Таблица 3

	Предпоследняя цифра шифра	
	1,2,3,4,5	6,7,8,9,0
Материал основания печатной платы	гетинакс	стеклотекстолит
Удельное поверхностное сопротивление, Ом	10^8	10^9

Таблица 4

	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Материал проводников	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
Толщина проводников, δ , мкм	10	20	30	40	50	30	30	40	30	50
Линейные размеры проводников, мм:										
a	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0
b	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0	2,0
c	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10
Допустимая плотность тока, $j_{\text{доп}}$, А/мм ²	20	20	20	20	20	15	20	15	20	15

Задача №3. Собственная концентрация носителей заряда в полупроводнике при комнатной температуре равна n_i ; подвижность электронов - μ_n ; подвижность дырок - μ_p . Определить:

- отношение полного тока, протекающего через полупроводник, к току, обусловленному электронной составляющей, а также к току, обусловленному дырочной составляющей, в собственном полупроводнике;
- концентрацию электронов и дырок в примесном полупроводнике n- или p-типа с удельным сопротивлением ρ ;
- отношение полного тока, протекающего через полупроводник, к току, обусловленному электронной составляющей, а также к току, обусловленному дырочной составляющей, в примесном полупроводнике n- или p-типа с удельным сопротивлением ρ .

Таблица 5

	Предпоследняя цифра шифра					
	1 и 9	2 и 8	3 и 7	4 и 6	5	0
Полупроводниковый материал	n-Si	p-Si	n-Ge	p-Ge	n-GaAs	p-GaAs
μ_n , м ² /(В·с)	0,14		0,39		0,95	
μ_p , м ² /(В·с)	0,05		0,19		0,045	
n_i , м ⁻³	$1,0 \cdot 10^{16}$		$2,5 \cdot 10^{19}$		$6,6 \cdot 10^{12}$	

Таблица 6

Последняя цифра шифра	Полупроводниковый материал					
	n-Si	p-Si	n-Ge	p-Ge	n-GaAs	p-GaAs
	Удельное сопротивление ρ , Ом·м					
1	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^0$
2	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-1}$
3	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$
4	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
5	$9,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$
6	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
7	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$
8	$6,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
9	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
0	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$

Задача №4. В полупроводниковом кристалле с собственной концентрацией носителей заряда n_i , подвижностью электронов μ_n и подвижностью дырок μ_p сформирован p-n переход. При этом удельная электропроводность p-области составила γ_1 , а удельная электропроводность n-области - γ_2 . Определить:

- контактную разность потенциалов в p-n переходе при температуре $T = 300$ К;
- плотность обратного тока насыщения в сформированной диодной структуре, если диффузионная длина электронов равна L_n , а диффузионная длина дырок - L_p ;
- отношение дырочной составляющей обратного тока насыщения к электронной;
- значение прямого напряжения, при котором плотность тока через p-n переход достигает значения j .

Таблица 7

	Предпоследняя цифра шифра			
	1, 2 и 3	4, 5 и 6	7 и 8	9 и 0
Материал p-n перехода	Si	Ge	GaAs	InSb
Параметры материала				
$\mu_n, \text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	0,14	0,39	0,95	7,8
$\mu_p, \text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	0,05	0,19	0,045	0,075
$n_i, \text{м}^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{16}$	$2,5 \cdot 10^{19}$	$6,6 \cdot 10^{12}$	$2,0 \cdot 10^{22}$
$L_n, \text{м}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$
$L_p, \text{м}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$

Таблица 8

Последняя цифра шифра	$\gamma_1, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$	$\gamma_2, \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$	$j, \text{ А/м}^2$
1	$1,0 \cdot 10^0$	$1,0 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$
2	$2,0 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
3	$4,8 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$
4	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
5	$3,0 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$
6	$5,0 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^1$	$4 \cdot 10^4$
7	$3,0 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^4$
8	$2,0 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^0$	$3 \cdot 10^3$
9	$2,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$
0	$8,0 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^4$

Задача №5. Определить максимальное напряжение, которое можно приложить при температурах T_1 и T_2 к миниатюрному резистору сопротивлением R ном $\pm \Delta R$, работающему на частоте $f = 50$ Гц, если допустимая мощность рассеяния резистора равна P , температурный коэффициент сопротивления резистора α_R , а постоянное предельное напряжение, выше которого происходит поверхностный пробой, равно $U_{пр}$.

Таблица 9

	Предпоследняя цифра шифра				
	1 и 2	3 и 4	5 и 6	7 и 8	9 и 0
$T_1, \text{ }^\circ\text{C}$	20	20	20	20	20
$T_2, \text{ }^\circ\text{C}$	120	100	85	150	160

Таблица 10

Последняя цифра шифра	$R_{\text{ном}}, \text{ Ом}$	$\Delta R, \%$	$\alpha_R, 10^{-6}/^\circ\text{C}$	$U_{\text{пр}}, \text{ В}$
1	100	± 5	+200	50
2	120	± 10	+200	100
3	$2 \cdot 10^3$	± 20	+50	50
4	$5,1 \cdot 10^3$	± 5	-100	100
5	$1,8 \cdot 10^4$	± 10	-500	50
6	$3,0 \cdot 10^5$	± 20	-500	100
7	$7,2 \cdot 10^5$	± 10	-1500	50
8	$1,0 \cdot 10^6$	± 20	-1500	100
9	$2,0 \cdot 10^6$	± 10	-2000	50
0	$4,8 \cdot 10^6$	± 20	-2000	

Критерии оценивания контрольной работы

1. Нормы оценивания работы

№ п/п	Структурная часть контрольной работы	Количество баллов (*)
1	Правильно решено каждое задание	1 балл

(*) Возможна градация в 0,25 балла.

2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Критерии выставления зачета

Отметка «зачтено» выставляется студенту, который в течение семестра:

1. Посещал лекционные, лабораторные занятия (при наличии пропусков занятий – предоставил преподавателю все выполненные задания по теме занятия).
 2. Не имеет оценок «не зачтено» по итогам выполнения заданий для самостоятельной работы.
 3. Выполнил и защитил 6 лабораторных работ.
 4. Написал контрольную работу на оценку не ниже, чем «удовлетворительно».
- Зачет выставляется студенту при выполнении всех указанных критериев.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / Г. П. Фетисов [и др.]; под редакцией Г. П. Фетисова. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 406 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/470775>.
2. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 2: учебник для вузов / Г. П. Фетисов [и др.]; ответственный редактор Г. П. Фетисов. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 410 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/487629>.
3. Плошкин В. В. Материаловедение: учебник для вузов / В. В. Плошкин. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 408 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/468556>.

7.2. Дополнительная литература

1. Холомина Т.А., Зубков М.В. Свойства и применение металлов и сплавов: учеб. пособие. - Рязан. гос. радиотехн. университет. - Рязань, 2014. - 84 с
2. Холомина Т.А., Зубков М.В. Свойства и применение диэлектриков и магнитных материалов: учеб. пособие.- Рязан. гос. радиотехн. университет. - Рязань, 2015. - 48 с
3. Холомина Т.А. Электронные процессы в твердом теле. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2019.- 110 с.
4. Покровский Ф.Н. Материалы и компоненты радиоэлектронных средств. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005 – 350 с.
5. Марков В.Ф. Материалы современной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева. — Электрон. текстовые данные.

— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2014. — 272 с. — 978-5-7996-1186-6.
— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69626.html>

6. Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Н. Орликов. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13990.html>.

7. Антонов Б.Л., Сорокин В.С., Терехов В.А. Материалы электронной техники. Задачи и вопросы. - М.: Высшая школа. 1990. -356 с.

8. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. - Л.: Энергоатомиздат. 1985.- 336с.

9. Вихров С.П. . Холомина Т.А, Бегун П.Н. Биомедицинское материаловедение. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. М.: Горячая линия – Телеком, 2018.- 383 с.

7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>.
2. Интернет Университет Информационных Технологий: <http://www.intuit.ru/>.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks»: <https://iprbookshop.ru/>.

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: <https://internet-law.ru/gosts/2814/>.
2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: <https://radio-komplekt.ru/handbook.php>.
3. Технический справочник радиодеталей: <https://radiosvod.ru/>.
4. Справочник по микроконтроллерам: <https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/>.
5. Информационно-поисковый портал по электронике: <http://radionet.com.ru/>.
6. Реестр Федерального института промышленной собственности: <https://www1.fips.ru/registers-web/>.
7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: <http://www.chipinfo.ru/>.
8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей: <https://www.qrz.ru/beginners/>.
9. Журнал сетевых решений LAN: <https://www.osp.ru/lan>
10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: <http://xn----8sbnaarbidfksmiphlmncml1d9b0i.xn--p1ai/>.

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской, настенным экраном, мультимедиапроектором, ноутбуком и комплектом колонок.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная стандартной учебной мебелью, настенной доской и оборудованием:

- генератор сигналов – 1 шт.;

- осциллограф – 5 шт.;

- набор электронных компонентов (резисторы различных номиналов, переменные резисторы, конденсаторы полярные и неполярные, варикапы, катушки индуктивности и дроссели, электронные лампы, проходные конденсаторы, полупроводниковые диоды, стабилитроны и тиристоры, светоизлучающие диоды, транзисторы, оптроны, интегральные микросхемы и процессоры) - 5шт.;

- источник постоянного тока – 2 шт.;

- маломощный трансформатор – 2 шт.;
- измерительные приборы (аналоговые и цифровые, амперметры и вольтметры, ваттметры, мегометры, частотомеры, характериографы, анализаторы спектра) - 25 шт.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022