Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996[illegible]

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе
_____ Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы и компоненты электронной техники
(наименование дисциплины)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код, наименование направления)

Промышленная электроника
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, очно-заочная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Современный научно-технический прогресс неразрывно связан с разработкой и освоением новых материалов. Именно материалы стали ключевым звеном, определяющим успех многих инженерных решений при создании сложнейшей электронной аппаратуры. Поэтому изучению материалов электронной техники в вузах отводится значительное место, так как специалистам необходимы знания о закономерностях поведения материалов в различных условиях эксплуатации.

Цели дисциплины: формирование у студентов знаний, умений и практических навыков применения материалов и компонентов электронных средств в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины: наделить студентов знаниями об основных характеристиках и физических процессах, протекающих в проводящих, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах, и принципами их применения при схемотехническом и конструкторском проектировании и технологии электронных средств.

Дисциплина нацелена на формирование:

универсальной компетенции (УК-1);

общепрофессиональной компетенции (ОПК-3) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в обязательную часть БЛОКА 1 образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника (профиль подготовки «Промышленная электроника»).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента в результате освоения дисциплин ОПОП подготовки бакалавра: «Высшая математика», «Физика» и «Физические основы электроники», «Теоретические основы электротехники».

В свою очередь, дисциплина «Материалы и компоненты электронной техники» является основой для изучения следующих дисциплин: «Конструирование и надежность электронных устройств», «Основы силовой преобразовательной техники», «Схемотехника аналоговых устройств», «Твердотельная электроника», «Электрические машины», «Системы электропитания», «Интеллектуальные модули устройств силовой электроники», «Датчики и устройства сбора информации», «Электронные силовые преобразовательные устройства», «Организация научных исследований», приобретенные знания используются при прохождении производственных практик, для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены для очной формы обучения лекционные (36 ак.ч.), практические (54 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (54 ак.ч.).

Для очно-заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (12 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (124 ак.ч.). Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (134 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре при очной форме обучения и на 3 курсе в 5 семестре при очно-заочной и заочной форме обучения.
Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Материалы и компоненты электронной техники» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1	УК-1.1. Знает: методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа УК-1.2. Умеет: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач УК-1.3. Владеет: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3	ОПК-3.1. Использует информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации ОПК-3.2. Знает современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации ОПК-3.3. Умеет решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации ОПК-3.4 Владеет навыками обеспечения информационной безопасности

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак. ч. по семестрам
		4
Аудиторная работа, в том числе:	**90**	**90**
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	54	54
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	**54**	**54**
Подготовка к лекциям	6	6
Подготовка к лабораторным работам	6	6
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	4	4
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	10	10
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольным работам	-	-
Подготовка к коллоквиуму	4	4
Аналитический информационный поиск	8	8
Работа в библиотеке	4	4
Подготовка к экзамену	10	10
Промежуточная аттестация – экзамен (Э), диф. зачет (ДЗ)	**Э (2)**	**Э(2)**
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 16 тем:

– тема 1 (Физика проводников);
– тема 2 (Основные характеристики и классификация проводников);
– тема 3 (Проводящие и резистивные материалы);
– тема 4 (Специальные проводящие материалы);
– тема 5 (Электрофизические свойства полупроводников);
– тема 6 (Физические явления и эффекты в полупроводниках);
– тема 7 (Классические полупроводниковые материалы);
– тема 8 (Современные полупроводниковые материалы);
– тема 9 (Основные физические процессы в диэлектриках);
– тема 10 (Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков);
– тема 11 (Пассивные диэлектрики);
– тема 12 (Активные диэлектрики);
– тема 13 (Общие сведения о магнитных материалах);
– тема 14 (Назначение и области применения магнитных материалов);
– тема 15 (Конструкционные материалы);
– тема 16 (Наноматериалы и перспективные материалы электроники).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной, очно-заочной и заочной форм обучения приведены в таблицах 3, 4, 5 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Физика проводников	Классификация материалов электронной техники. Природа электропроводности металлов. Представление зонной теории твердого тела. Температурная зависимость удельного сопротивления. Влияние примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов	2	Изучение влияния примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов	2		
2	Основные характеристики и классификация проводников	Классификация проводников по составу, свойствам и техническому назначению. Электрические свойства металлических сплавов и тонких пленок. Сопротивление проводников на высоких частотах. Контактные явления и термо-ЭДС. Явление сверхпроводимости. Критические параметры сверхпроводников	2	Основные характеристики и классификация проводников	4		
3	Проводящие и резистивные материалы	Металлы высокой проводимости и контактные материалы. Металлы и сплавы высокого сопротивления. Резистивные металлические пленки. Припои. Неметаллические проводящие материалы	2	Проводящие и резистивные материалы	2		
4	Специальные проводящие материалы	Тугоплавкие металлы и сплавы. Электровакуумные сплавы. Сверхпроводящие металлы и сплавы. Оксидные высокотемпературные сверхпроводники. Применение сверхпроводников и элементы криоэлектроники	2	Применение сверхпроводников и элементы криоэлектроники	4		
5	Электрофизические свойства	Собственный полупроводник и собственная электропроводность. Влияние приме-	2	Электрофизические свойства	2		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	полупроводников	сей на электрические свойства полупроводников. Температурная зависимость проводимости в полупроводниках. Механизмы рассеяния носителей заряда. Неравновесные состояния в полупроводниках, механизмы и параметры рекомбинации		полупроводников			
6	Физические явления и эффекты в полупроводниках	Оптические свойства полупроводников. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Холла Термоэлектрические явления в полупроводниках. Электропроводность в сильном электрическом поле	2	Физические явления и эффекты в полупроводниках	4		
7	Классические полупроводниковые материалы	Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Кремний и германий: химические связи; кристаллическое строение; особенности зонной структуры; основные физико-химические, электрические и оптические свойства, поведение примесей. Поликристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах. Монокристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах	2	Классические полупроводниковые материалы	2		
8	Современные полупроводниковые материалы	Полупроводниковые соединения типа A3B5. Перспективные применения в электронике. Полупроводниковые соединения типа A2B6. Перспективные применения в электронике. Полупроводниковые соединения типа A4B6. Перспективные применения в электронике.	2	Современные полупроводниковые материалы	4		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		Карбид кремния. Явления самокомпенсации и политипизма. Перспективные применения в электронике. Изовалентные твердые растворы. Критерии неограниченной растворимости. Закономерности изменения свойств от состава. Применения в электронике. Многокомпонентные системы. Применения в электронике. Изопериодные гетероструктуры и их применение в приборах оптоэлектроники. Гидрогенизированный аморфный кремний. Особенности энергетического спектра, электрические и оптические свойства. Методы получения и применение в фотоэлектрических преобразователях					
9	Основные физические процессы в диэлектриках	Поляризация диэлектриков, их классификация по видам поляризации. Влияние внешних факторов на диэлектрическую проницаемость материалов. Линейные и нелинейные диэлектрики. Электропроводность диэлектриков. Сопротивление изоляции.	2	Основные физические процессы в диэлектриках	2		
10	Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков	Влияние примесей, температуры и влажности окружающей среды на объемную и поверхностную проводимость твердых диэлектриков. Виды диэлектрических потерь. Основные характеристики потерь и их зависимость от условий эксплуатации материалов. Пробой диэлектриков. Механизмы пробоя газов, жидкостей и твердых диэлектриков. Понятие об электрической прочности. Поверхностный разряд. Электрическая прочность тонких пленок.	2	Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков	4		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
11	Пассивные диэлектрики	Классификация диэлектриков по свойствам и техническому назначению. Диэлектрические полимеры и композиции на их основе. Неорганические стекла, зависимость свойств от состава. Электровакуумные, установочные, оптические и лазерные стекла. Стеклянные волокна и волоконные оптические кабели. Стеклокристаллические материалы. Керамические диэлектрики. Состав и структура керамических материалов. Установочная и конденсаторная керамика	2	Пассивные диэлектрики	4		
12	Активные диэлектрики	Классификация активных диэлектриков и элементов на их основе. Сегнетоэлектрики, особенности строения, диэлектрический гистерезис, природа спонтанной поляризации. Применение в электронике. Нелинейные диэлектрические элементы. Применение в электронике. Пьезоэффект и пьезоэлектрические материалы. Применение в акустоэлектронике. Пьезоэлектрические резонаторы и фильтры. Пироэффект и пироэлектрические материалы. Тепловые приемники излучения. Электреты. Способы получения электретного состояния. Применение электретных преобразователей. Жидкие кристаллы, особенности их строения, классификация по типу мезофазы. Термооптические и электрооптические эффекты. Применение в устройствах отображения информации. Диэлектрики для твердотель-	2	Активные диэлектрики и элементы функциональной электроники	4		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		ных лазеров					
13	Общие сведения о магнитных материалах	Магнитные материалы и материалы общего назначения. Основные свойства. Основные магнитные характеристики. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики и ферримагнетики. Антиферромагнетики. Природа ферромагнетизма. Влияние различных факторов на свойства магнитных материалов.	2	Общие сведения о магнитных материалах	4		
14	Назначение и области применения магнитных материалов	Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Ферриты, их свойства и состав. Магнитомягкие и магнитотвердые ферриты. Их использование в электронике. Аморфные магнитные материалы, их получение, свойства и перспективы применения. Магнитные материалы специального назначения	2	Назначение и области применения магнитных материалов	4		
15	Конструкционные материалы	Классификация конструкционных материалов и их свойства. Черные металлы и их сплавы. Сортамент поставляемых материалов. Цветные металлы и сплавы на их основе. Сортамент поставляемых материалов. Композиты, волокна, пластмассы. Сортамент поставляемых материалов. Фольгированные материалы. Сортамент поставляемых материалов. Клеи, компаунды, лакокрасочные покрытия. Смазки. Неметаллические минеральные материалы. Сортамент поставляемых материалов	4	Конструкционные и перспективные материалы электроники	8		
16	Наноматериалы и перспективные	Классификация наноматериалов и их свойства. Нанопористые структуры, фул-	4				

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	материалы электроники	лерены, нанотрубки и нановолокна. Квантоворазмерные структуры, нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Их использование в электронике. Новые полупроводниковые материалы и приборы на их основе. Использование в электронике. Напряженный кремний. Субмикронные структуры. Применение в электронике					
Всего аудиторных часов			36		54		

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Физика проводников	Классификация материалов электронной техники. Природа электропроводности металлов. Представление зонной теории твердого тела. Температурная зависимость удельного сопротивления. Влияние примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов	0,5	Изучение влияния примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов	0,5		
2	Основные характеристики и классификация проводников	Классификация проводников по составу, свойствам и техническому назначению. Электрические свойства металлических сплавов и тонких пленок. Сопротивление проводников на высоких частотах. Контактные явления и термо-ЭДС. Явление сверхпроводимости. Критические параметры сверхпроводников	0,5	Основные характеристики и классификация проводников	0,5		
3	Проводящие и резистивные материалы	Металлы высокой проводимости и контактные материалы. Металлы и сплавы высокого сопротивления. Резистивные металлические пленки. Припои. Неметаллические проводящие материалы	0,5	Проводящие и резистивные материалы	0,5		
4	Специальные проводящие материалы	Тугоплавкие металлы и сплавы. Электровакуумные сплавы. Сверхпроводящие металлы и сплавы. Оксидные высокотемпературные сверхпроводники. Применение сверхпроводников и элементы криоэлектроники	0,5	Применение сверхпроводников и элементы криоэлектроники	0,5		
5	Электрофизические свойства полупроводников	Собственный полупроводник и собственная электропроводность. Влияние примесей на электрические свойства полупро-	0,5	Электрофизические свойства полупроводников	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		водников. Температурная зависимость проводимости в полупроводниках. Механизмы рассеяния носителей заряда. Неравновесные состояния в полупроводниках, механизмы и параметры рекомбинации					
6	Физические явления и эффекты в полупроводниках	Оптические свойства полупроводников. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Холла Термоэлектрические явления в полупроводниках. Электропроводность в сильном электрическом поле	0,5	Физические явления и эффекты в полупроводниках	0,5		
7	Классические полупроводниковые материалы	Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Кремний и германий: химические связи; кристаллическое строение; особенности зонной структуры; основные физико-химические, электрические и оптические свойства, поведение примесей. Поликристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах. Монокристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах	0,5	Классические полупроводниковые материалы	0,5		
8	Современные полупроводниковые материалы	Полупроводниковые соединения типа A3B5. Перспективные применения в электронике. Полупроводниковые соединения типа A2B6. Перспективные применения в электронике. Полупроводниковые соединения типа A4B6. Перспективные применения в электронике. Карбид кремния. Явления самокомпенсации	0,5	Современные полупроводниковые материалы	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		и политипизма. Перспективные применения в электронике. Изовалентные твердые растворы. Критерии неограниченной растворимости. Закономерности изменения свойств от состава. Применения в электронике. Многокомпонентные системы. Применения в электронике. Изопериодные гетероструктуры и их применение в приборах оптоэлектроники. Гидрогенизированный аморфный кремний. Особенности энергетического спектра, электрические и оптические свойства. Методы получения и применение в фотоэлектрических преобразователях					
9	Основные физические процессы в диэлектриках	Поляризация диэлектриков, их классификация по видам поляризации. Влияние внешних факторов на диэлектрическую проницаемость материалов. Линейные и нелинейные диэлектрики. Электропроводность диэлектриков. Сопротивление изоляции.	1	Основные физические процессы в диэлектриках	0,5		
10	Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков	Влияние примесей, температуры и влажности окружающей среды на объемную и поверхностную проводимость твердых диэлектриков. Виды диэлектрических потерь. Основные характеристики потерь и их зависимость от условий эксплуатации материалов. Пробой диэлектриков. Механизмы пробоя газов, жидкостей и твердых диэлектриков. Понятие об электрической прочности. Поверхностный разряд. Электрическая прочность тонких пленок.	1	Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
11	Пассивные диэлектрики	Классификация диэлектриков по свойствам и техническому назначению. Диэлектрические полимеры и композиции на их основе. Неорганические стекла, зависимость свойств от состава. Электровакуумные, установочные, оптические и лазерные стекла. Стеклянные волокна и волоконные оптические кабели. Стеклокристаллические материалы. Керамические диэлектрики. Состав и структура керамических материалов. Установочная и конденсаторная керамика	1	Пассивные диэлектрики	0,5		
12	Активные диэлектрики	Классификация активных диэлектриков и элементов на их основе. Сегнетоэлектрики, особенности строения, диэлектрический гистерезис, природа спонтанной поляризации. Применение в электронике. Нелинейные диэлектрические элементы. Применение в электронике. Пьезоэффект и пьезоэлектрические материалы. Применение в акустоэлектронике. Пьезоэлектрические резонаторы и фильтры. Пироэффект и пироэлектрические материалы. Тепловые приемники излучения. Электреты. Способы получения электретного состояния. Применение электретных преобразователей. Жидкие кристаллы, особенности их строения, классификация по типу мезофазы. Термооптические и электрооптические эффекты. Применение в устройствах отображения информации. Диэлектрики для твердотель-	1	Активные диэлектрики и элементы функциональной электроники	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		ных лазеров					
13	Общие сведения о магнитных материалах	Магнитные материалы и материалы общего назначения. Основные свойства. Основные магнитные характеристики. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики и ферримагнетики. Антиферромагнетики. Природа ферромагнетизма. Влияние различных факторов на свойства магнитных материалов.	1	Общие сведения о магнитных материалах	0,5		
14	Назначение и области применения магнитных материалов	Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Ферриты, их свойства и состав. Магнитомягкие и магнитотвердые ферриты. Их использование в электронике. Аморфные магнитные материалы, их получение, свойства и перспективы применения. Магнитные материалы специального назначения	1	Назначение и области применения магнитных материалов	0,5		
15	Конструкционные материалы	Классификация конструкционных материалов и их свойства. Черные металлы и их сплавы. Сортамент поставляемых материалов. Цветные металлы и сплавы на их основе. Сортамент поставляемых материалов. Композиты, волокна, пластмассы. Сортамент поставляемых материалов. Фольгированные материалы. Сортамент поставляемых материалов. Клеи, компаунды, лакокрасочные покрытия. Смазки. Неметаллические минеральные материалы. Сортамент поставляемых материалов	1	Конструкционные и перспективные материалы электроники	1		
16	Наноматериалы и перспективные	Классификация наноматериалов и их свойства. Нанопористые структуры, фул-	1				

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	материалы электроники	лерены, нанотрубки и нановолокна. Квантоворазмерные структуры, нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Их использование в электронике. Новые полупроводниковые материалы и приборы на их основе. Использование в электронике. Напряженный кремний. Субмикронные структуры. Применение в электронике					
Всего аудиторных часов			12		8		

Таблица 5 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Физика проводников	Классификация материалов электронной техники. Природа электропроводности металлов. Представление зонной теории твердого тела. Температурная зависимость удельного сопротивления. Влияние примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов	0,5	Изучение влияния примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов	0,5		
2	Основные характеристики и классификация проводников	Классификация проводников по составу, свойствам и техническому назначению. Электрические свойства металлических сплавов и тонких пленок. Сопротивление проводников на высоких частотах. Контактные явления и термо-ЭДС. Явление сверхпроводимости. Критические параметры сверхпроводников		Основные характеристики и классификация проводников			
3	Проводящие и резистивные материалы	Металлы высокой проводимости и контактные материалы. Металлы и сплавы высокого сопротивления. Резистивные металлические пленки. Припои. Неметаллические проводящие материалы	0,5	Проводящие и резистивные материалы	0,5		
4	Специальные проводящие материалы	Тугоплавкие металлы и сплавы. Электровакуумные сплавы. Сверхпроводящие металлы и сплавы. Оксидные высокотемпературные сверхпроводники. Применение сверхпроводников и элементы криоэлектроники		Применение сверхпроводников и элементы криоэлектроники			
5	Электрофизические свойства полупроводников	Собственный полупроводник и собственная электропроводность. Влияние примесей на электрические свойства полупро-	0,5	Электрофизические свойства полупроводников	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		водников. Температурная зависимость проводимости в полупроводниках. Механизмы рассеяния носителей заряда. Неравновесные состояния в полупроводниках, механизмы и параметры рекомбинации					
6	Физические явления и эффекты в полупроводниках	Оптические свойства полупроводников. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Холла Термоэлектрические явления в полупроводниках. Электропроводность в сильном электрическом поле		Физические явления и эффекты в полупроводниках			
7	Классические полупроводниковые материалы	Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам. Кремний и германий: химические связи; кристаллическое строение; особенности зонной структуры; основные физико-химические, электрические и оптические свойства, поведение примесей. Поликристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах. Монокристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах	0,5	Классические полупроводниковые материалы	0,5		
8	Современные полупроводниковые материалы	Полупроводниковые соединения типа A3B5. Перспективные применения в электронике. Полупроводниковые соединения типа A2B6. Перспективные применения в электронике. Полупроводниковые соединения типа A4B6. Перспективные применения в электронике. Карбид кремния. Явления самокомпенсации		Современные полупроводниковые материалы			

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		и политипизма. Перспективные применения в электронике. Изовалентные твердые растворы. Критерии неограниченной растворимости. Закономерности изменения свойств от состава. Применения в электронике. Многокомпонентные системы. Применения в электронике. Изопериодные гетероструктуры и их применение в приборах оптоэлектроники. Гидрогенизированный аморфный кремний. Особенности энергетического спектра, электрические и оптические свойства. Методы получения и применение в фотоэлектрических преобразователях					
9	Основные физические процессы в диэлектриках	Поляризация диэлектриков, их классификация по видам поляризации. Влияние внешних факторов на диэлектрическую проницаемость материалов. Линейные и нелинейные диэлектрики. Электропроводность диэлектриков. Сопротивление изоляции.	1	Основные физические процессы в диэлектриках	0,5		
10	Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков	Влияние примесей, температуры и влажности окружающей среды на объемную и поверхностную проводимость твердых диэлектриков. Виды диэлектрических потерь. Основные характеристики потерь и их зависимость от условий эксплуатации материалов. Пробой диэлектриков. Механизмы пробоя газов, жидкостей и твердых диэлектриков. Понятие об электрической прочности. Поверхностный разряд. Электрическая прочность тонких пленок.		Влияние внутренних и внешних факторов на свойства диэлектриков			

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
11	Пассивные диэлектрики	Классификация диэлектриков по свойствам и техническому назначению. Диэлектрические полимеры и композиции на их основе. Неорганические стекла, зависимость свойств от состава. Электровакуумные, установочные, оптические и лазерные стекла. Стеклянные волокна и волоконные оптические кабели. Стеклокристаллические материалы. Керамические диэлектрики. Состав и структура керамических материалов. Установочная и конденсаторная керамика	1	Пассивные диэлектрики	0,5		
12	Активные диэлектрики	Классификация активных диэлектриков и элементов на их основе. Сегнетоэлектрики, особенности строения, диэлектрический гистерезис, природа спонтанной поляризации. Применение в электронике. Нелинейные диэлектрические элементы. Применение в электронике. Пьезоэффект и пьезоэлектрические материалы. Применение в акустоэлектронике. Пьезоэлектрические резонаторы и фильтры. Пироэффект и пироэлектрические материалы. Тепловые приемники излучения. Электреты. Способы получения электретного состояния. Применение электретных преобразователей. Жидкие кристаллы, особенности их строения, классификация по типу мезофазы. Термооптические и электрооптические эффекты. Применение в устройствах отображения информации. Диэлектрики для твердотель-		Активные диэлектрики и элементы функциональной электроники			

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		ных лазеров					
13	Общие сведения о магнитных материалах	Магнитные материалы и материалы общего назначения. Основные свойства. Основные магнитные характеристики. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики и ферримагнетики. Антиферромагнетики. Природа ферромагнетизма. Влияние различных факторов на свойства магнитных материалов.	1	Общие сведения о магнитных материалах	0,5		
14	Назначение и области применения магнитных материалов	Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Ферриты, их свойства и состав. Магнитомягкие и магнитотвердые ферриты. Их использование в электронике. Аморфные магнитные материалы, их получение, свойства и перспективы применения. Магнитные материалы специального назначения		Назначение и области применения магнитных материалов			
15	Конструкционные материалы	Классификация конструкционных материалов и их свойства. Черные металлы и их сплавы. Сортамент поставляемых материалов. Цветные металлы и сплавы на их основе. Сортамент поставляемых материалов. Композиты, волокна, пластмассы. Сортамент поставляемых материалов. Фольгированные материалы. Сортамент поставляемых материалов. Клеи, компаунды, лакокрасочные покрытия. Смазки. Неметаллические минеральные материалы. Сортамент поставляемых материалов	1	Конструкционные и перспективные материалы электроники	0,5		
16	Наноматериалы и перспективные материалы	Классификация наноматериалов и их свойства. Нанопористые структуры, фуллерены, нанотрубки и нановолокна. Кван-					

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	электроники	товоразмерные структуры, нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Их использование в электронике. Новые полупроводниковые материалы и приборы на их основе. Использование в электронике. Напряженный кремний. Субмикронные структуры. Применение в электронике					
Всего аудиторных часов			6		4		

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации1по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5– Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
УК-1, ОПК-3	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 40 баллов;

– за выполнение индивидуального задания – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время экзамена студент имеет право повысить итоговую оценку. Экзамен по дисциплине проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже, либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания студенты изучают материалы конспекта лекций.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Контрольная работа должна быть представлена в установленные деканатом сроки и оформлена на листах формата А4.

По структуре КР должна содержать ответы на вопросы по заданным 9 темам и решение задач. Обязательно записывать формулировки вопросов, а затем ответы на них, условия задачи и решения. Нумерация страниц обязательна. В конце КР следует привести список использованных литературных источников.

Проводя численные расчеты, следует пользоваться правилами приближенных вычислений, т.е. округлять числа до второго знака после запятой и для больших и очень малых чисел пользоваться сомножителем 10 в соответствующей степени.

Таблица 6.3.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Номер теоретического вопроса
1	1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1
2	1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, 8.2, 9.2
3	1.3, 2.3, 3.3, 4.3, 5.3, 6.3, 7.3, 8.3, 9.3
4	1.4, 2.4, 3.4, 4.4, 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4
5	1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.5
6	1.6, 2.6, 3.6, 4.6, 5.6, 6.6, 7.6, 8.6, 9.6
7	1.7, 2.7, 3.7, 4.7, 5.7, 6.7, 7.7, 8.7, 9.7
8	1.8, 2.8, 3.8, 4.8, 5.8, 6.8, 7.8, 8.8, 9.8
9	1.9, 2.9, 3.9, 4.9, 5.9, 6.9, 7.9, 8.9, 9.1
10	1.1, 2.10, 3.1, 4.10, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.2
11	1.2, 2.1, 3.2, 4.11, 5.2, 6.2, 7.2, 8.2, 9.3
12	1.3, 2.2, 3.3, 4.12, 5.3, 6.3, 7.3, 8.3, 9.4
13	1.4, 2.3, 3.4, 4.1, 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.5
14	1.5, 2.4, 3.5, 4.2, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.6
15	1.6, 2.5, 3.6, 4.3, 5.6, 6.6, 7.6, 8.6, 9.7

Тема 1. Основные характеристики и классификация проводников

1.1 Природа электропроводности металлов.

1.2 Представление зонной теории твердого тела.

1.3 Температурная зависимость удельного сопротивления.

1.4 Влияние примесей и дефектов структуры на удельную проводимость металлов.

1.5 Классификация проводников по составу, свойствам и техническому назначению.

1.6 Электрические свойства металлических сплавов и тонких пленок.

1.7 Сопротивление проводников на высоких частотах.

1.8 Контактные явления и термо-ЭДС.

1.9 Явление сверхпроводимости. Критические параметры сверхпроводников.

Тема 2. Проводящие и резистивные материалы

2.1 Металлы высокой проводимости и контактные материалы.

2.2 Металлы и сплавы высокого сопротивления.

2.3 Резистивные металлические пленки.

2.4 Припои.

2.5 Неметаллические проводящие материалы

2.6 Тугоплавкие металлы и сплавы.

2.7 Электровакуумные сплавы.

2.8 Сверхпроводящие металлы и сплавы.

2.9 Оксидные высокотемпературные сверхпроводники.

2.10 Применение сверхпроводников. и элементы криоэлектроники.

Тема 3. Электрофизические свойства полупроводников

3.1 Собственный полупроводник и собственная электропроводность.

3.2 Влияние примесей на электрические свойства полупроводников.

3.3 Температурная зависимость проводимости.

3.4 Механизмы рассеяния носителей заряда.

3.5 Неравновесные состояния в полупроводниках, механизмы и параметры рекомбинации.

3.6 Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников.

3.7 Эффект Холла

3.8 Термоэлектрические явления в полупроводниках.

3.9 Электропроводность в сильном электрическом поле.

Тема 4. Полупроводниковые материалы

4.1 Классификация полупроводниковых материалов по составу, внутреннему строению и свойствам.

4.2 Кремний и германий: химические связи; кристаллическое строение; особенности зонной структуры; основные физико-химические, электрические и оптические свойства, поведение примесей.

4.3 Поликристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах.

4.4 Монокристаллический кремний, управление свойствами, применение в полупроводниковых приборах.

4.5 Полупроводниковые соединения типа A^3B^5: особенности химической связи и внутреннего строения. Основные физико-химические, электрические и оптические свойства, закономерности их изменения. Поведение примесей и дефектов структуры. Перспективные применения в электронике.

4.6 Полупроводниковые соединения типа A^2B^6: особенности химической связи и внутреннего строения. Основные физико-химические, электрические и оптические свойства, закономерности их изменения. Поведение примесей и дефектов структуры. Перспективные применения в электронике.

4.7 Полупроводниковые соединения типа A^4B^6: особенности химической связи и внутреннего строения. Основные физико-химические, электрические и оптические свойства, закономерности их изменения. Поведение примесей и дефектов структуры. Перспективные применения в электронике.

4.8 Карбид кремния. Явления самокомпенсации и политипизма. Перспективные применения в электронике.

4.9 Изовалентные твердые растворы. Критерии неограниченной растворимости. Закономерности изменения свойств от состава. Применения в электронике.

4.10 Полупроводниковые соединения - многокомпонентные системы. Применение в электронике.

4.11 Изопериодные гетероструктуры и их применение в приборах оптоэлектроники.

4.12 Гидрогенизированный аморфный кремний. Особенности энергетического спектра, электрические и оптические свойства. Методы получения и применение в фотоэлектрических преобразователях.

Тема 5. Основные физические процессы в диэлектриках

5.1 Поляризация диэлектриков, их классификация по видам поляризации.

5.2 Влияние внешних факторов на диэлектрическую проницаемость материалов.

5.3 Линейные и нелинейные диэлектрики.

5.4 Электропроводность диэлектриков. Сопротивление изоляции.

5.5 Влияние примесей, температуры и влажности окружающей среды на объемную и поверхностную проводимость твердых диэлектриков.

5.6 Виды диэлектрических потерь. Основные характеристики потерь и их зависимость от условий эксплуатации материалов.

5.7 Пробой диэлектриков. Понятие об электрической прочности.

5.8 Механизмы пробоя газов, жидкостей и твердых диэлектриков.

5.9 Поверхностный разряд. Электрическая прочность тонких пленок.

Тема 6. Пассивные диэлектрики

6.1 Классификация диэлектриков по свойствам и техническому назначению.

6.2 Диэлектрические полимеры и композиции на их основе.

6.3 Неорганические стекла, зависимость свойств от состава. Основные этапы технологического цикла.

6.4 Электровакуумные, установочные, оптические и лазерные стекла.

6.5 Стеклянные волокна и волоконные кабели.

6.6 Стеклокристаллические материалы.

6.7 Керамические диэлектрики.

6.8 Состав и структура керамических материалов, основные операции порошковой металлургии.

6.9 Установочная и конденсаторная керамика.

Тема 7. Активные диэлектрики и элементы функциональной электроники

7.1 Классификация активных диэлектриков и элементов на их основе.

7.2 Сегнетоэлектрики, особенности строения, диэлектрический гистерезис, природа спонтанной поляризации. Применение в электронике.

7.3 Нелинейные диэлектрические элементы. Применение в электронике.

7.4 Пьезоэффект и пьезоэлектрические материалы.

7.5 Пьезоэлектрические резонаторы и фильтры. Элементы акустоэлектроники.

7.6 Пироэффект и пироэлектрические материалы. Тепловые приемники излучения.

7.7 Электреты. Способы получения электретного состояния. Применение электретных преобразователей.

7.8 Жидкие кристаллы, особенности их строения, классификация по типу мезофазы. Термооптические и электрооптические эффекты. Применение в устройствах отображения информации.

7.9 Диэлектрики для твердотельных лазеров.

Тема 8. Основные свойства и общие сведения о магнитных материалах

8.1 Магнитные материалы общего назначения. Основные свойства.

8.2 Основные магнитные характеристики. Диамагнетики. Парамагнетики. Ферромагнетики и ферримагнетики. Антиферромагнетики.

8.3 Природа ферромагнетизма.

8.4 Влияние различных факторов на свойства магнитных материалов.

8.5 Классификация магнитных материалов.

8.6 Магнитомягкие и магнитотвердые материалы.

8.7 Ферриты, их свойства и состав. Магнитомягкие и магнитотвердые ферриты. Их использование в электронике.

8.8 Аморфные магнитные материалы, их получение, свойства и перспективы применения.

8.9. Магнитные материалы специального назначения.

Тема 9. Конструкционные и перспективные материалы электроники

9.1 Классификация конструкционных материалов и их свойства.

9.2 Черные металлы и их сплавы. Цветные металлы и сплавы на их основе. Сортамент поставляемых материалов.

9.3 Композиты, волокна, пластмассы, фольгированные материалы, клеи, компаунды, лакокрасочные покрытия, смазки. Сортамент поставляемых материалов.

9.4 Неметаллические минеральные материалы. Сортамент поставляемых материалов.

9.5 Классификация наноматериалов и их свойства.

9.6 Нанопористые структуры, фуллерены, нанотрубки и нановолокна, квантоворазмерные структуры, нанодисперсии, нанокристаллы и нанокластеры. Их использование в электронике.

9.7 Новые полупроводниковые материалы и приборы на их основе. Их использование в электронике.

9.8 Напряженный кремний. Субмикронные структуры. Их использование в электронике.

Варианты контрольных задач

1) Определить ток I, протекающий в выпрямительном диоде при прямом напряжении U = 0,1 В и температуре T = 300 К, если обратный ток насыщения $I0 = 2 \cdot 10^{-7}$А.

2) Максимально допустимый ток диода I_{max} = 50 мА достигается при прямом напряжении U_{max} = 1 В. Каково будет наибольшее значение напряжения источника питания E_{max}, при котором диод будет работать в безопасном режиме, если этот диод соединить последовательно с нагрузочным резистором $R_н$ = 100 Ом.

3) Транзистор в Т–образной схеме замещения с генератором тока имеет следующие параметры: сопротивления областей rэ = 15 Ом, rб = 250 Ом, rк = 1 МОм, коэффициент передачи тока эмиттера α = 0,925. Определить дифференциальные h–параметры четырехполюсника, эквивалентного транзистору, включенного по схеме с общей базой.

4) При включении транзистора по схеме с общей базой входное сопротивление $R_{вх}$ = 30 Ом, коэффициент передачи по току α = 0,97. Определить входное сопротивление, если те же элементы собрать по схеме с общим эмиттером.

5) При напряжении на затворе, равном нулю, сопротивление между стоком и истоком полевого транзистора с управляющим переходом равно 50 Ом. При каком напряжении на затворе сопротивление между стоком и истоком станет равным 200 Ом, если напряжение отсечки $U_{отс}$= 6,8 В.

6) Полевой транзистор с управляющим p–n–переходом, имеет $I_{c\ max}$= 2 мА, $U_{отс}$= 5 В. Определить ток стока и крутизну S транзистора при напряжениях на затворе равных а) Uзи= – 5 В; б) Uзи= 0 В; в) Uзи= – 2,5 В.

7) По вольт–амперным характеристикам фотодиода, изображенным на рис. 1, определить предельное значение сопротивления нагрузки, при котором сохраняется еще фотодиодный режим, если напряжение источника питания E = 60 В.

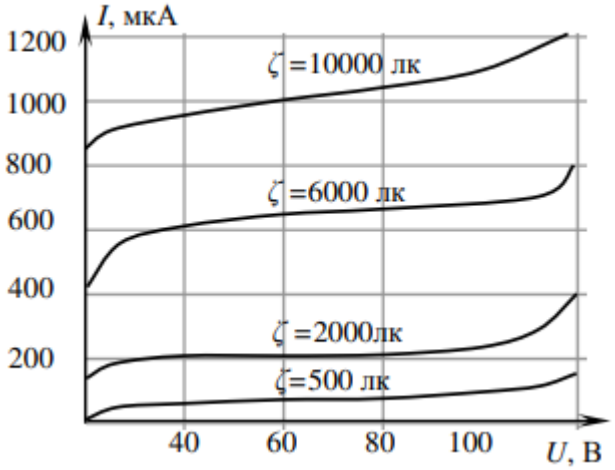

Рисунок 1

8) Коэффициент формы резистора гибридной ИС равен $К_ф$=8. Длина резистора 1,6 мм. Определить ширину резистивного слоя и удельное поверхностное сопротивление материала, если номинальное сопротивление резистора составляет 10 кОм.

9) Для собственного полупроводника, имеющего определенную температуру определить ширину запрещенной зоны; концентрацию носителей заряда; эффективные плотности состояний; положение уровня Ферми; подвижности носителей заряда; удельное электрическое сопротивление; отношение полного тока, протекающего через полупроводник к дырочному току.

10) Для полупроводника p-типа с концентрацией акцепторных примесей Na определить концентрацию основных и неосновных носителей заряда; положение уровня Ферми; удельное электрическое сопротивление; отношение полного тока, протекающего через полупроводник к дырочному току.

11) Для полупроводника n-типа с концентрацией донорных примесей Nd определить концентрацию основных и неосновных носителей заряда; положение уровня Ферми; удельное электрическое сопротивление; отношение полного тока, протекающего через полупроводник к дырочному току.

12) Графическая часть. Построить график распределения напряженности электрического поля в области пространственного заряда. Построить вольт-фарадную характеристику перехода. Построить вольт-амперную характеристику перехода. Построить энергетическую диаграмму p-n-перехода с указанием энергетических уровней, контактной разности потенциалов, области пространственного заряда.

Параметры полупроводников, необходимые для расчета, сведены в таблице 6.3.1. Данные для расчета приведены в таблице 6.3.2.

Таблица 6.3.2 – Основные параметры полупроводниковых материалов

Материал полупроводника		Si	Ge	GaAs
Ширина запрещенной зоны при $T=0$ К	$\Delta\varepsilon_{g0}$, эВ	1.17	0.744	1.519
Параметры для определения ширины запрещенной зоны	α, эВ/К	$4.73\cdot10^{-4}$	$4.774\cdot10^{-4}$	$5.405\cdot10^{-4}$
	β, К	636	235	204
Параметры для определения подвижности носителей	a_n	2.42	1.66	1.0
	a_p	2.2	2.33	2.1
Подвижности носителей заряда при $T_0=300$ К	μ_{0n}, м^2/(В·с)	0.15	0.39	0.85
	μ_{0p}, м^2/(В·с)	0.06	0.19	0.04
Эффективные массы носителей заряда	$m_n^*/m_{\bar{e}}$	1.08	0.56	0.068
	$m_p^*/m_{\bar{e}}$	0.56	0.35	0.45
Диэлектрическая проницаемость	ε	11.8	16.0	13.2
Время жизни носителей заряда	$\tau_{n,p}$, с	$2.5\cdot10^{-3}$	$1.0\cdot10^{-3}$	$1.0\cdot10^{-8}$

Таблица 6.3.3 – Исходные данные для расчета

Вар-т	Материал п/п	Температура T, К	Концентрация примесей		Площадь перехода S, мм^2
			N_a, м$^{-3}$	N_d, м$^{-3}$	
1	Si	150	$1\cdot10^{19}$	$30\cdot10^{20}$	1
2	Ge	160	$2\cdot10^{20}$	$29\cdot10^{21}$	2
3	GaAs	170	$3\cdot10^{19}$	$28\cdot10^{20}$	3
4	Si	180	$4\cdot10^{20}$	$27\cdot10^{21}$	4
5	Ge	190	$5\cdot10^{19}$	$26\cdot10^{20}$	5
6	GaAs	200	$6\cdot10^{20}$	$25\cdot10^{21}$	6
7	Si	210	$7\cdot10^{19}$	$24\cdot10^{20}$	7
8	Ge	220	$8\cdot10^{20}$	$23\cdot10^{21}$	8
9	GaAs	230	$9\cdot10^{19}$	$22\cdot10^{20}$	9
10	Si	240	$10\cdot10^{20}$	$21\cdot10^{21}$	10
11	Ge	250	$11\cdot10^{21}$	$20\cdot10^{20}$	1
12	GaAs	260	$12\cdot10^{20}$	$19\cdot10^{21}$	2
13	Si	270	$13\cdot10^{21}$	$18\cdot10^{20}$	3
14	Ge	280	$14\cdot10^{20}$	$17\cdot10^{21}$	4
15	GaAs	290	$15\cdot10^{21}$	$16\cdot10^{20}$	5
16	Si	300	$16\cdot10^{20}$	$15\cdot10^{21}$	6
17	Ge	310	$17\cdot10^{21}$	$14\cdot10^{20}$	7
18	GaAs	320	$18\cdot10^{20}$	$13\cdot10^{21}$	8
19	Si	330	$19\cdot10^{21}$	$12\cdot10^{20}$	9
20	Ge	340	$20\cdot10^{20}$	$11\cdot10^{21}$	10

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Примеры тестовых заданий к коллоквиумам:

1. Коэрцитивная сила прикладывается, чтобы:
а) намагнитить материал до индукционного насыщения;
б) размагнитить материал до остаточной индукции;
в) размагнитить материал полностью.

2. Термо-ЭДС возникает при соприкосновении двух проводников в случае:
а) различных проводимостей;
б) различных температурных коэффициентов сопротивления;
в) различных температур.

3. Примеси в проводниковых материалах влияют на электросопротивление следующим образом:
а) увеличивают электросопротивление;
б) уменьшают электросопротивление;
в) влияния не оказывают.

4. Какие из перечисленных керамических материалов применяют для изготовления обкладок электрических конденсаторов:
а) керамика класса I;
б) керамика класса III;
в) керамика класса V;
г) керамика класса VII.
д) керамика класса II;
е) керамика класса VI;
ж) керамика класса VIII;
з) керамика класса IV.

5. Намагниченность материала определяется:
а) величиной напряжённости магнитного поля;
б) величиной напряжённости электрического поля;
в) величиной остаточной магнитной индукции.

6. Магнитомягкие материалы имеют:
а) узкую петлю гистерезиса;
б) широкую петлю гистерезиса;
в) ППГ.

7. Магнитострикция выражается в:

а) различной степени намагниченности вдоль разных кристаллографических направлений;

б) изменением размеров под действием магнитного поля;

в) изменением формы под действием поля.

8. Измерить удельное поверхностное и объемное сопротивление диэлектриков можно, используя:

а) тераомметр;

б) вольтметр;

в) мультиметр.

9. Для определения тангенса угла потерь в диэлектрических материалах необходимо провести измерения емкости диэлектриков с помощью:

а) измерителя емкости;

б) измерителя добротности Q-метра;

в) измерителя емкости и индуктивности

10. Ферриты изготавливают на основе:

а) FeO + диэлектрик;

б) MnO+ZnO+Fe2O3;

в) FeO +магнитодиэлектрик.

6.4 Вопросы для подготовки к экзамену

1) Дайте определение электротехнических материалов.

2) Каков характер энергетического спектра электронов в твёрдых телах?

3) Почему при анализе свойств веществ рассматривается не весь, а только часть энергетического спектра электронов в твердом теле?

4) Нарисуйте энергетические диаграммы основных классов материалов.

5) На какие классы делятся материалы по отношению к электромагнитному полю?

6) В чём отличие энергетических диаграмм проводников, полупроводников и диэлектриков?

7) Дайте определение диэлектрика

8) Что является количественной характеристикой (мерой) способности диэлектрика поляризоваться?

9) Что такое поляризация и в чём она проявляется?

10) Какие существуют механизмы поляризации?

11) Как связана частотная зависимость ε с механизмами поляризации?

12) Что является количественной мерой электропроводности?

13) Какими параметрами пользуются на практике для характеристики электропроводности? 8. Дайте определение подвижности носителей зарядов.

14) Какие токи протекают в диэлектрике?

15) Дайте определение ρv и ρs. В каких единицах они измеряются?

16) Как понимать потери в диэлектриках и в чём выражается это явление?

17) Назовите причины возникновения потерь в диэлектриках.

18) Что является количественным параметром, характеризующим потери в диэлектрике?

19) Что такое угол и тангенс угла диэлектрических потерь?

20) Изобразите схемы замещения диэлектриков и соответствующие им векторные диаграммы токов и напряжений.

21) Назовите условия эквивалентности схем замещения реальным диэлектрикам.

22) Для чего используются схемы замещения?

23) Что такое пробой диэлектрика? Дать определение.

24) Перечислите и охарактеризуйте механизмы пробоя диэлектриков.

25) Что является количественным параметром, характеризующим явление пробоя и в каких единицах он измеряется?

26) Как понимать потери в диэлектриках и в чём выражается это явление?

27) Назовите причины возникновения потерь в диэлектриках.

28) Что является количественным параметром, характеризующим потери в диэлектрике?

29) Что такое угол и тангенс угла диэлектрических потерь?

30) Изобразите схемы замещения диэлектриков и соответствующие им векторные диаграммы токов и напряжений.

31) Назовите условия эквивалентности схем замещения реальным диэлектрикам.

32) Для чего используются схемы замещения?

33) Что такое пробой диэлектрика? Дать определение.

34) Перечислите и охарактеризуйте механизмы пробоя диэлектриков.

35) Что является количественным параметром, характеризующим явление пробоя и в каких единицах он измеряется?

36) Дайте определение термина «диэлектрические материалы» (ДМ).

37) Как подразделяются ДМ по агрегатному состоянию?

38) Назовите достоинства газообразных ДМ и области их применения.

39) Перечислите классы основных жидких ДМ.

40) Каковы методы получения полимерных ДМ?

41) Перечислите основные полимерные термопластичные ДМ.

42) Где в основном применяют полимерные термореактивные материалы?

43) Какими свойствами и параметрами отличаются термопластичные и термореактивные ДМ?

44) Каковы области применения пластмасс, пенопластов, эластомеров, компаундов? 10. Как классифицируются лаки по применению?

45) Перечислите основные типы волокнистых ДМ.

46) Каков основной недостаток волокнистых ДМ и как он устраняется?

47) Что такое слоистые пластики, как они называются и получаются?

48) Перечислите основные классы неорганических ДМ.

49) Где применяются слюдяные ДМ?

50) Перечислите типы технических стёкол.

51) Что такое ситаллы и где они применяются?

52) Какие типы керамики используются в электротехнических изделиях и для чего?

53) Какие типы керамики выделяют по применению и по какому параметру их подразделяют?

54) Каковы основные операции процесса изготовления керамических изделий? 21. Перечислите наиболее известные типы активных ДМ.

55) Для каких целей применяются твердые и жидкие диэлектрические материалы?

56) Чем изолируются обмоточные провода?

57) Чем изолируются гибкие монтажные провода?

58) Какие ДМ используют в качестве диэлектриков для конденсаторов?

59) Какие существуют типы бумажных конденсаторов?

60) На какие номиналы рассчитаны бумажные и металлобумажные конденсаторы?

61) Какие существуют типоразмеры слюдяных конденсаторов и каков диапазон их номиналов?

62) Перечислите наиболее распространённые типы электролитических конденсаторов. Из каких материалов они изготавливаются?

63) Каков диапазон номиналов электролитических конденсаторов?

64) Какие ДМ используют для конструкционных изделий?

65) Перечислите основные конструкционные изделия из ДМ.

66) Что такое подвижность носителей заряда и в каких единицах она измеряется?

67) Какие существуют основные механизмы рассеяния носителей заряда и как зависит подвижность носителей зарядов от температуры?

68) Напишите формулы для расчёта удельной проводимости собственных и примесных полупроводников.

69) Что такое уровень Ферми и где он расположен на энергетической диаграмме для собственных и примесных полупроводников при $T = 0^\circ$ К?

70) Почему энергетическое положение электронов примесных атомов изображается на энергетической диаграмме в виде отдельного уровня, а не энергетической зоной?

71) Изобразите температурную зависимость уровня Ферми для собственного полупроводника.

72) Как следует понимать термины «температура истощения примеси Ts» и «температура перехода к собственной проводимости Ti»?

73) Что такое энергия активации собственной и примесной проводимости? Чему равны эти энергии? 14. Что такое фотопроводимость полупроводников и за счёт чего появляются фотоносители?

74) Чему равна энергия активации фотоносителей в собственном полупроводнике?

75) Как зависит фототок насыщения от интенсивности светового потока?

76) Что такое квантовый выход фотоэлектронов?

77) Объясните, почему зависимость фототока от напряжения между электродами нелинейна?

78) Что такое красная граница фотоэффекта?

79) Как влияет электрическое поле на электропроводность полупроводников? 21. В каких приборах используется явление электропроводности полупроводников под действием внешнего электрического поля?

80) Перечислите химические элементы, являющиеся простыми полупроводниками.

81) Назовите наиболее известные полупроводниковые химические соединения.

82) Дайте сравнительную характеристику свойств германия и кремния.

83) В чем сущность метода выращивания монокристаллов из расплава?

84) Перечислите методы выращивания монокристаллов из газовой фазы.

85) Для чего нужна очистка монокристаллов полупроводников и как она осуществляется?

86) Назовите наиболее известные полупроводниковые приборы.

87) Какие полупроводниковые материалы используют для изготовления мощных диодов и транзисторов?

88) Какие материалы используют для изготовления ВЧ- и СВЧтранзисторов?

89) Какие элементы электроники изготавливают на основе полупроводниковых химических соединений?

90) В каких приборах используется SiC?

91) Что такое интегральная микросхема?

92) Изобразите типовой профиль биполярного транзистора.

93) Какие существуют типы биполярных транзисторов?

94) Изобразите профиль МДП-транзистора.

95) В чем достоинства группового метода и планарной технологии изготовления ИМС?

96) На какие классы делят ИМС по конструктивно-технологическому признаку?

97) Какие материалы используют в качестве подложек ИМС?

98) Что такое степень интеграции и на какие классы делят ИМС по этому признаку?

99) Что такое плотность упаковки и что она характеризует?

100) Изобразите типовой профиль биполярного транзистора, полупроводникового резистора и конденсатора полупроводниковых ИМС.

101) Какие существуют способы создания полупроводниковых слоев с различным типом проводимости?

102) В чем сущность термической диффузии?

103) В чем заключается ионная имплантация и для чего она необходима? 10. Перечислите способы создания топологического рисунка ИМС.

104) Что такое фотошаблоны и какими они бывают по назначению?

105) Перечислите методы получения тонких пленок на основе проводниковых, резистивных и диэлектрических материалов.

106) Дать определение термина «магнетик».

107) Перечислите известные классы магнетиков по способности к намагничиванию.

108) Каковы основные свойства магнетиков, используемых в промышленных изделиях?

109) Изобразите схематично магнитный атомный порядок ферро-, ферри- и антиферромагнетиков.

110) Что такое первоначальная (основная) кривая намагничивания и для чего она нужна? 6. Что является количественной мерой способности веществ к намагничиванию и по какой формуле она рассчитывается?

111) Дайте определение основной кривой намагничивания.

112) Что такое начальная магнитная проницаемость, что она характеризует и по какой формуле рассчитывается?

113) Что такое предельная петля гистерезиса? Каким критериям она должна соответствовать? 10. Что такое магнитные потери? Объясните причины их возникновния.

114) Перечислите основные количественные параметры магнитных материалов.

115) Что представляет собой остаточная индукция Br и коэрцитивная сила Hc?

116) По какому количественному параметру магнитные материалы подразделяют на МММ и МТМ? Каковы значения этого параметра?

117) Перечислите основные требования к МММ.

118) Какие группы материалов на основе железа относятся к МММ?

119) Что такое пермаллои и где они применяются?

120) Каков порядок числененых значений μнач и μmax для материалов на основе железа и пермаллоев?

121) Что такое ферриты и в чем их основные достоинства?

122) На какие группы делятся ферриты по составу, свойствам и областям применения?

123) Перечислите основные количественные параметры МТМ.

124) Какие существуют группы МТМ, разделяемые по составу и способу получения?

125) Перечислите группы магнитных материалов специального назначения

126) Дайте определение термина «проводник».

127) Что является количественной мерой электропроводности и какой параметр для ее характеристики используется в инженерной практике?

128) Запишите и поясните формулу для расчета температурного коэффициента удельного сопротивления.

129) Запишите и поясните формулу для расчета температурного коэффициента линейного расширения.

130) Что такое работа выхода и как она отображается на энергетической диаграмме проводника?

131) Перечислите проводниковые материалы с высокой удельной проводимостью.

132) Каков порядок величины удельной проводимости меди, алюминия, серебра?

133) Перечислите материалы, применяемые для изготовления постоянных резисторов.

134) Перечислите наиболее применимые типы постоянных резисторов, и какова область номиналов таких резисторов.

135) Какие существуют марки припоев, и при каких температурах производится пайка? 11. Что такое термопара? Перечислите наиболее известные материалы для термопар.

136) Какие существуют фольгированные материалы? Сортамент поставляемых материалов.

137) Какие существуют клеи, компаунды, лакокрасочные покрытия?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Технология материалов электронной техники : учебное пособие (курс лекций) / Н. В. Сигловая, Н. И. Каргин, А. С. Гусев [и др.]. — Москва : Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2023. — 267 с. — ISBN 978-5-7262-2964-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/141189.html (дата обращения 30.08.2024 г.).

2. Демаков, Ю. П. Введение в материалы электронной техники : учебное пособие / Ю. П. Демаков. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 308 с. — ISBN 978-5-9729-1587-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/143193.html (дата обращения 30.08.2024 г.).

Дополнительная литература

1. Пасынков, В.В. Материалы электронной техники : учебник / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин . ─ 3-е изд. ─ СПб. : Лань, 2001 . ─ 368с. (2 экз.)

2. Антипов, Б.Л. Материалы электронной техники : задачи и вопросы : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. электронной техники / Б.Л. Антипов, В.С. Сорокин, В.А. Терехов ; под ред. В.А. Терехова . ─ М. : Высшая школа, 1990 . ─ 208 с. (74 экз.)

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: http://ntb.bstu.ru/jirbis2/. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: http://www.iprbookshop.ru/. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения:	
Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная специализированной (учебной) мебелью, проектор EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр HT-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet	ауд. *206* корп. *3*
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы:	
Лаборатория электронных устройств и аналоговой схемотехники (*25 посадочных мест)* для проведения лабораторных и практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, доской для написания мелом – 1 шт., учебно-лабораторными стендами «ОРАМ» – 3 шт., генераторами Г3-36А – 4 шт., осциллографами С1-83 – 4 шт., источниками питания универсальными – 2 шт., учебно-лабораторными стендами «EV8031/AVRLCD» – 3 шт., частотомерами – 5 шт., вольтметрами цифровыми – 5 шт., вольтметрами универсальными В7-16А – 3 шт., приборами Л2-22/1 – 5 шт., приборами Л2-43 – 1 шт., приборами Л2-42 – 1 шт., приборами Е4-7 – 1 шт., приборами Л2-60 – 1 шт., приборами В8-8 – 1 шт.,приборами Е7-12 – 1 шт., ваттметрами Д5007 – 2 шт.	ауд. *213* корп. *3*
Лаборатория вакуумной и полупроводниковой электроники (18 *посадочных мест)* для проведения лабораторных и практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, стендами для изучения полупроводниковой и вакуумной электроники – 7 шт., лабораторными установками – 3 шт., вольтметрами В7-35 – 16 шт., генераторами Г3-118 – 8 шт., Генераторами Г3-112 – 2 шт., осциллографами С1-76 – 6 шт., осциллографами С1-83 – 2 шт., осциллографами С1-93 – 1 шт., приборами для исследования АЧХ – 1 шт., приборами Х1-46 – 1 шт., частотомерами Ч3-34 – 4 шт., блоками питания постоянного тока Б5-49 – 1 шт., приборами Х1-50 – 1 шт., столами монтажными – 7 шт.	ауд. *106* корп. *4*

Лист согласования РПД

Разработали:

Доцент кафедры
электроники и радиофизики _____ А.М. Афанасьев
(должность) (подпись Ф.И.О.)

Ст.преп. кафедры
электроники и радиофизики _____ А.В. Еремина
(должность) (подпись Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики _____ А.М. Афанасьев
(подпись Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики от 30.08.2024 г.

И.о. декана факультета
информационных технологий и
автоматизации производственных
процессов _____ В.В. Дьячкова
(подпись Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии
по направлению подготовки 11.03.04
Электроника и наноэлектроника
(профиль подготовки
«Промышленная электроника») _____ А.М. Афанасьев
(подпись Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра _____ О.А. Коваленко
(подпись Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	