

Борисоглебск 2023

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

– формирование у студентов научно-практической базы, позволяющей осуществлять выбор материалов электронной техники для конструкций электронных средств в соответствии с заданными требованиями..

1.2 Задачи освоения дисциплины

- изучить основы материаловедения проводниковых и полупроводниковых материалов, диэлектриков;
- сформировать представления об основных физических процессах, происходящих в проводящих, диэлектрических и полупроводниковых структурах, магнитных материалах;
- изучить характеристики, области применения материалов с учетом воздействия внешней среды и технологических факторов;
- дать сведения о конструктивных особенностях компонент, принципах их действия, системах параметров, характеризующих компоненты;
- сформировать навыки экспериментальных исследований свойств материалов и их связь с характеристиками электронных средств

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Материалы и компоненты электронных средств» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Материалы и компоненты электронных средств» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать взаимосвязь между составом, структурой и комплексом свойств материалов, определяющих их применение в электронных средствах; характеристики, области применения и состав материалов, их возможные применения с учетом воздействия внешней среды и технологических факторов; конструктивные особенности компонентов, принцип их действия; системы параметров, характеризующих различные компоненты
	уметь применять материалы при проектировании электронных средств с учетом назначения, условий эксплуатации, стоимости и технологии изготовления изделия; измерять, тестировать основные характеристики материалов и компонентов электронных средств
	владеть методами определения различных физико-механических и электрических параметров материалов и компонентов электронных средств; методиками расчета параметров компонентов с использованием программных средств ЭВМ.

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Материалы и компоненты электронных средств» составляет 3 зачётные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Курсовой проект (работа)		
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – зачет	+	+
Общая трудоемкость час	108	108
	зач. ед. 3	3

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
Модуль «Материалы»						
1	Назначение, строение и основные свойства материалов электронных средств	Классификация материалов по составу, свойствам и назначению. Строение кристаллических и аморфных материалов. Дефекты кристаллического строения. Кристаллизация. Диаграммы состояния и свойства сплавов.	1	1	5	7
2	Конструкционные металлические и неметаллические материалы.	Основные требования к материалам несущих конструкций. Виды конструкционных материалов. Материалы для корпусной герметизации узлов и блоков РЭС. Материалы разъемных и неразъемных механических соединений. Выбор конструкционных материалов. Неметаллические материалы. Пластические массы. Пластмассы – термопластичные, термореактивные, газонаполненные. Неорганические материалы – стекла, ситаллы, керамика. Резины общего и специального назначения. Клеящие материалы.	1	1	7	9
3	Проводниковые материалы	Электрические свойства металлических материалов. Теплопроводность металлических материалов. Механические свойства металлических материалов. Медь, влияние примесей, способы упрочнения. Проводниковые сплавы на основе меди. Краткая характеристика металлов и сплавов ЭС (се-	2	2	6	10

		ребро, золото, платина, никель и сплавы на их основе. Совместимость металлических материалов. Коррозия металлических материалов. Провода и кабели. Металлы и сплавы высокого электросопротивления, основные требования. Сплавы для резисторов. Материалы для микросхем, Особенности тонкопленочных материалов для резисторов и проводников, технология получения, основные параметры, определяющие совместимость материалов (коэффициент теплового расширения, адгезии, диффузионные характеристики и т.д.). Аморфные металлы.				
4	Полупроводниковые материалы	Физико-химические свойства полупроводников. Типы химической связи и механизмы переноса носителей заряда. Структура полупроводников IV группы. Качественные характеристики растворимости примеси в полупроводниках. Технологии получение монокристаллов германия, кремния. Алмазоподобные полупроводниковые соединения. Сложные полупроводники типа $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$, оксидные, халькогенидные стеклообразные полупроводники и др.; области их применения.	2	2	8	12
5	Диэлектрические материалы	Диэлектрическая проницаемость, ее зависимость от температуры и частоты внешнего поля. Поляризация диэлектриков. Виды поляризации. Электропроводность диэлектриков. Удельное объемное и поверхностное сопротивление, зависимость от структуры материала, температуры и других факторов. Диэлектрические потери: активная мощность, угол и тангенс угла диэлектрических потерь. Электрическая прочность, пробой диэлектриков. Зависимость электрической прочности от характеристик материала, однородности электрического поля и других факторов. Электроизоляционные и конденсаторные материалы, Полимеры, пластмассы, композиционные материалы, лаки эмали, компанды, эластомеры, стекла, ситаллы, керамика. Активные диэлектрики. Материалы твердотельных лазеров, сегнето- и пьезоэлектрики, электреты, жидкокристаллические материалы. Материалы со специальными свойствами.	2	2	8	12
6	Магнитные материалы	Диа-, пара-, ферромагнетики. Магнитная проницаемость. Доменная структура, магнитная анизотропия. Намагничивание и перемагничивание, магнитный гистерезис. Магнитные свойства в переменных полях, потери на перемагничивание. Зависимость магнитных свойств от температуры, точка Кюри. Магнитно-мягкие материалы. Металлические магнитно-мягкие материалы: структура,	2	2	6	10

		свойства, особенности обработки. Сталь, железо-никелевые, железо-кобальтовые и железо-алюминиевые сплавы. Магнитно-мягкие ферриты. Магнитно-твердые материалы. Металлические магнитно-твердые материалы; структура, свойства, особенности обработки. Магнитно-твердые ферриты. Интерметаллические магнитно-твердые материалы. Материалы для записи и хранения информации. Магнитные материалы со специальными свойствами.				
Модуль «Компоненты»						
7	Пассивные дискретные компоненты	Резисторы: классификация, параметры, допуски, обозначение на схемах, схемы замещения. Конденсаторы: классификация, параметры, допуски, обозначение на схемах, схемы замещения. Катушки индуктивности: классификация, параметры, обозначение на схемах, схемы замещения. Скин-эффект и эффект близости. Трансформаторы и дроссели. Пассивные SMT- и SMD-элементы.	1	1	7	9
8	Полупроводниковые компоненты	Электронно-дырочный переход. Полупроводниковые диоды (выпрямительные, стабилитроны, варикапы, р-і-п – диоды, туннельные и т.д.). Транзисторы (биполярные, полевые). Тиристоры. Фотоэлектрические приборы. Интегральные микросхемы.	2	2	6	10
9	Фильтры. Устройства задержки	Аналоговые фильтры (параметры, классификация, идеальный фильтр). Фазовращатели, линии задержки. Аппроксимация АЧХ. Синтез и анализ фильтров. Схемотехнические реализации активных и пассивных RLC-фильтров. Ответвители. Физические основы электромеханических (ЭМФ) и пьезоэлектрических фильтров (кварцевые и пьезоэлектрические резонаторы). Цифровые фильтры. Основные типы сигналов, их математическое описание и преобразования при цифровой обработке. Цифровая фильтрация. Элементная база цифровых фильтров.	2	2	6	10
10	Акустоэлектроника	Компоненты функциональной оптоэлектроники. Функциональные приборы на жидких кристаллах. Функциональные приборы на цилиндрических магнитных доменах. Функциональные приборы с зарядовой связью.	2	2	6	10
11	Коммутационные устройства и электрические соединители.	Физико-химические процессы в электрических контактах. Переключатели. Реле. Герконы. Разъемы (электрические соединители). Оптоэлектронные и полупроводниковые бесконтактные коммутационные устройства.	1	1	7	9
Итого			18	18	72	108

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

5.2 Перечень лабораторных работ

Модуль «Материалы»

Изучение химического строения веществ

Исследование основных характеристик и свойств металлических материалов

Исследование основных характеристик и свойств неметаллических материалов

Исследование электрических свойств полупроводников

Исследование термоэлектрических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках

Определение диэлектрической проницаемости электроизоляционных материалов

Определение зависимости диэлектрических потерь и электрического сопротивления электроизоляционных материалов от температуры

Изучение характеристик магнитных материалов

Модуль «Компоненты»

Исследование основных характеристик пассивных дискретных компонентов

Исследование основных характеристик катушки индуктивности с сердечником

Исследование основных характеристик полупроводниковых компонентов

Исследование основных характеристик резонаторов

Изучение коммутационных устройств

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать взаимосвязь между составом, структурой и комплексом свойств материалов, определяющих их применение в электронных средствах; характеристики, области применения и состав материалов, их возможные применения с учетом воздействия внешней среды и технологических факторов; конструктивные особенности компонентов, принцип их действия; системы параметров, характеризующих различные компоненты	Ответы на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять материалы при проектировании электронных средств с учетом назначения, условий эксплуатации, стоимости и технологии изготовления изделия; измерять, тестировать основные характеристики материалов и компонентов электронных средств.	Выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами определения различных физико-механических и электрических параметров материалов и компонентов электронных средств; методиками расчета параметров компонентов с использованием программных средств ЭВМ.	Обработка результатов лабораторных экспериментов, оформление отчетов, защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре по системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать взаимосвязь между составом, структурой и комплексом свойств материалов, определяющих их применение в электронных средствах; характеристики, области применения и состав материалов, их возможные применения с учетом воздействия внешней среды и технологических факторов; конструктивные особенности компонентов, принцип их действия; системы параметров, характеризующих различные компоненты;	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять материалы	Решение стандартных	Продемонстрирова	Задачи не решены

при проектировании электронных средств с учетом назначения, условий эксплуатации, стоимости и технологии изготовления изделия; измерять, тестировать основные характеристики материалов и компонентов электронных средств.	практических задач	н верный ход решения в большинстве задач	
владеть методами определения различных физико-механических и электрических параметров материалов и компонентов электронных средств; методиками расчета параметров компонентов с использованием программных средств ЭВМ.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Элемент схемы –

а) составная часть схемы, служащая для преобразования электрической энергии;

б) составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение и собственные условные графические и буквенно-цифровые обозначения.

в) совокупность элементов, представляющая единую конструкцию;

г) совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

2. Устройство –

а) составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение и собственные условные графические и буквенно-цифровые обозначения;

б) совокупность элементов, представляющая единую конструкцию.

в) совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию;

г) объект искусственного происхождения, созданный для выполнения определённых функций, и относящийся преимущественно к технике. Используется, как правило, в тех случаях, если отсутствует более точный общепринятый термин, и сопровождается описанием функции такого объекта.

3. Функциональная группа –

а) покупные комплектующие изделия;

б) совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

в) сборочная единица, размещенная на печатной плате

г) совокупность элементов, представляющая единую конструкцию.

4. Функциональная часть -

а) совокупность сборочных единиц, размещенных на различных несущих конструкциях;

б) элемент схемы, устройство, функциональная группа.

в) совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию;

г) совокупность элементов частного применения.

5. Электрическая цепь –

а) совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий об электродвижущей силе, электрическом токе и электрическом напряжении.

б) путь прохождения электрического сигнала;

в) совокупность устройств, предназначенных для передачи, распределения и взаимного преобразования электрической (электромагнитной) и других видов энергии и информации;

г) совокупность функциональных частей.

6. Элемент электрической цепи –

а) источники и приемники электрической энергии (и информации), которые соединяются между собой проводами;

б) отдельное устройство, входящее в состав электрической цепи и выполняющее в ней определенную функцию.

в) изделие, соответствующее элементу схемы;

г) активные и пассивные компоненты.

7. Элементная (схемотехническая) база электронных средств –

а) элементы электрической схемы, служащие для преобразования электрической энергии;

б) функциональная часть.

в) все элементы конструкции электронного средства;

г) покупные комплектующие изделия.

8. Конструктивная база электронных средств –

а) комплектующие изделия электронного средства;

б) это совокупность всех элементов конструкции электронного средства;

в) совокупность механических элементов конструкции РЭА, обеспечивающих механическую прочность и защиту от дестабилизирующих воздействий, а также механическое управление аппаратурой.

г) модули, блоки и несущие конструкции.

9. Компонент –

а) составная часть изделия, не имеющая составных частей.

б) любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии;

в) элементная или (и) конструктивная составная часть радиоэлектронного изделия;

г) покупное комплектующее изделие.

10. Радиокomпонент (РК) -

а) электронное изделие, поставляемое специализированными предприятиями разработчикам радиоэлектронных средств;

б) элемент конструкции электронного средства;

в) неделимая составная часть радиоэлектронного изделия, предназначенная для преобразования электрических сигналов.

г) элементы электрических цепей РЭС, предназначенные для преобразования электрических сигналов.

11. Электрическое сопротивление -

а) свойство электрической цепи перераспределять в ней токи и напряжения;

б) свойство электрической цепи противодействовать движущимся в ней носителям тока;

в) скалярная физическая величина, характеризующая свойства проводника и равная отношению изменения напряжения на концах проводника к изменению силы электрического тока, протекающему по нему;

г) скалярная физическая величина, характеризующая свойства проводника и равная отношению напряжения на концах проводника к силе электрического тока, протекающему по нему.

12. Резистор –

а) пассивный элемент электрической цепи, в идеале характеризуемый только сопротивлением электрическому току;

б) пассивный радиокomпонент, основным функциональным свойством которого является определённое (номинальное) активное сопротивление.

в) элемент электрической цепи, в котором происходит необратимое преобразование электромагнитной энергии в тепловую или в другие виды энергии

г). элемент электрической цепи, предназначенный для использования его электрического сопротивления.

13. Электрическая ёмкость конденсатора -

а) скалярная величина, характеризующая способность конденсатора накапливать электрический заряд;

б) отношению заряда одной из пластин Q к напряжению между ними U ;

в) это электрическая ёмкость между электродами конденсатора, определяемая отношением накапливаемого в нём электрического заряда к приложенному напряжению.

г) способность накапливать электрическую энергию.

14. Конденсатор –

а) радиодеталь, основным параметром которых является электрическая ёмкость;

б) элемент электрической цепи, предназначенный для использования его ёмкости.

в) система из двух электродов (обкладок), разделённых диэлектриком и обладающая способностью накапливать электрическую энергию;

г) элемент конструкции электронного средства, предназначенный для накопления электрической энергии.

15. Индуктивность –

а) физическая величина, характеризующая магнитные свойства электрических цепей и равная отношению потока Φ магнитной индукции, пересекающего поверхность, ограниченную проводящим контуром, к силе тока I в этом контуре: $L = \Phi/I$;

б) скалярная величина, равная отношению потокосцепления самоиндукции элемента электрической цепи к электрическому току в нем.

в) способность проводника при помещении его в переменное магнитное поле индуцировать на своих концах ЭДС;

г) коэффициент пропорциональности между скоростью изменения тока в проводнике и ЭДС самоиндукции.

16. К материалами, для которых характерен ковалентный тип химической связи, относятся

а) поликристаллы;

б) все вещества в твердом состоянии;

в) металлы;

г) полупроводники.

17. Отличие реальных кристаллов от идеальных состоит в

а) более сложной структуре;

б) меньших размерах;

в) наличии дефектов;

г) отсутствии дефектов.

18. Энергетический спектр электронов в твердом теле

а) имеет зонную структуру;

б) отсутствует;

в) непрерывен;

г) дискретен.

19. Дефекты типа «вакансия» в реальных кристаллах относятся к

а) точечным дефектам;

б) объемным дефектам;

в) дефектам поверхности;

г) линейным дефектам.

20. Классификация материалов электронной техники основана на таких понятиях, как

а) состав – структура – свойства;

б) состав – агрегатное состояние;

в) способ получения – свойства;

г) структура – состав.

21. Основными носителями заряда в полупроводнике p-типа являются

а) электроны и дырки;

б) ионы примеси;

в) дырки;

г) электроны.

22. В собственных полупроводниках свободные носители заряда образуются за счет

- а) генерации электронно-дырочных пар;
- б) рекомбинации электронно-дырочных пар;
- в) ионизации атомов примеси;
- г) ионизации атомов основы.

23. Основным материалом современной полупроводниковой микроэлектроники является

- а) германий;
- б) кремний;
- в) арсенид галлия;
- г) фосфид индия.

24. Для введения примеси в полупроводник применяют

- а) фотолитографию;
- б) диффузионное или ионное легирование;
- в) вакуумное напыление.

25. Неосновные носители заряда в полупроводнике п-типа

- а) электронейтральны;
- б) заряжены отрицательно;
- в) заряжены положительно;
- г) заряжены отрицательно или электронейтральны.

26. К проводникам относят материалы с удельной электропроводностью

- а) выше, чем $10^6 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$;
- б) $10^3 \dots 10^4 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$;
- в) выше, чем $10^3 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$;
- г) выше, чем $10^8 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

27. Зависимость удельного сопротивления металлов от температуры является

- а) экспоненциальной;
- б) параболической;
- в) линейной;
- г) гиперболической.

28. Удельное сопротивление большинства металлов при понижении температуры:

- а) стремится к бесконечной величине;
- б) падает и стремится к некоторому остаточному значению;
- в) падает до 0;
- г) существенно не изменяется.

29. Металлический тип химической связи обусловлен

- а) взаимным притяжением электронного газа и положительно заряженных ионов металла;
- б) притяжением противоположно заряженных ионов;
- в) обобществлением электронов, принадлежащих двум соседним атомам;
- г) обобществлением электронов, принадлежащих четырем соседним

атомам.

30. Основными компонентами резистивных силицидных сплавов являются

- а) кремний, золото;
- б) олово, железо;
- в) кремний, алюминий;
- г) кремний, хром, железо

31. Механизмом спонтанной поляризации обладают:

- а) сегнетоэлектрики;
- б) пироэлектрики;
- в) пьезоэлектрики;
- г) органические диэлектрики.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Вычислите собственную концентрацию носителей заряда в кремнии при $T=300$ К, если ширина его запрещенной зоны $\Delta W=1,12$ эВ, а эффективные Массы плотности состояний $m_c=1,05m_0$, $m_v=0,56m_0$.

2. В собственном германии ширина запрещенной зоны при температуре 300 К равна 0,665 эВ. На сколько надо повысить температуру, чтобы число электронов в зоне проводимости увеличилось в два раза? Температурным изменением эффективной плотности состояний для электронов и дырок при расчете пренебречь.

3. При легировании полупроводника донорными примесями время жизни неосновных носителей заряда уменьшилось в пять раз, а их подвижность снизилась на 30%. Определить, на сколько изменилась диффузионная длина дырок при легировании полупроводника по сравнению с нелегированным материалом.

4. В каких единицах выражают удельное объемное и удельное поверхностное сопротивления диэлектриков? Дайте определения этих физических величин. Почему их экспериментальное определение рекомендуют проводить при постоянном, и не при переменном напряжении, а также через 1 мин после подачи напряжения на диэлектрик?

5. Одинаково ли будет изменяться пробивное напряжение воздуха, если производить его нагревание: а) при постоянном давлении; б) при постоянном объеме.

6. Почему ситаллы и силикатные стекла одинакового химического состава обладают разными электрическими, механическими и теплофизическими свойствами?

7. Укажите, следствием какого универсального закона являются диамагнитные свойства вещества. Почему парамагнетизм, в отличие от диамагнетизма, не универсален? Как зависит диамагнитная восприимчивость химического элемента от его места в Периодической системе элементов?

8. Вычислить падение напряжения на полностью включенном реостате, изготовленном из константановой проволоки длиной 10 м, при плотности тока 5 А/мм^2 . Удельное сопротивление константана принять равным $0,5$

мкОм·м.

9. При напряженности магнитного поля $H = 400$ кА/м магнитотвердый сплав имеет магнитную индукцию $B = 1$ Тл. Определить намагниченность сплава.

10. Удельное сопротивление серебра при комнатной температуре равно $1,5 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, а температурный коэффициент сопротивления составляет $4,1 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹. Определить, как и во сколько раз изменится длина свободного пробега электронов при нагревании проводника от 300 до 1000 К.

11. Тороидальный сердечник из пермаллоя с внутренним диаметром 30 мм и наружным диаметром 40 мм имеет обмотку из 200 витков. При пропускании через обмотку тока 0,5 А в сердечнике создается магнитное поле индукцией 1,5 Тл. Определить магнитную проницаемость сердечника.

12. Из экспериментальных данных следует, что при температуре 700°C намагниченность насыщения чистого железа составляет 0,55 намагниченности насыщения при $T = 0$ К и 0,296 при температуре 750°C. Путем экстраполяции экспериментальных данных найдите температуру Кюри для железа

13. На сколько увеличится удельная проводимость антимонида индия с собственной электропроводностью при изменении температуры от 20 до 21°C, если ширина запрещенной зоны 0,172 эВ, а подвижность электронов и дырок изменяется по закону $T^{-3/2}$. Коэффициент температурного изменения ширины запрещенной зоны $b = -2,8 \cdot 10^{-4}$ эВ/К.

14. Определить время, в течение которого электрон пройдет расстояние 1 км по медному проводу, если удельное сопротивление меди 0,017 мкОм·м, а разность потенциалов на концах проводника $U = 220$ В. За какое время электрон пролетит это же расстояние, двигаясь без соударений, при той же разности потенциалов? Каково время передачи сигнала?

15. Катушка с ферритовым тороидальным сердечником диаметром 10 мм имеет индуктивность 0,12 Гн и содержит 1000 витков. Определить ток в катушке, при котором магнитная индукция в сердечнике равна 0,1 Тл.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Рассчитайте массу легирующей добавки мышьяка, которую необходимо ввести в пластину кремния объемом 100 мм³, чтобы при равномерном распределении примеси удельное сопротивление кристалла была равно 0,01 Ом·м. Подвижность электронов принять равной 0,12 м²/(В·с).

2. При напряжении 2 кВ плоский конденсатор, изготовленный из высокочастотного диэлектрика, имеет заряд $3,5 \times 10^{-8}$ Кл. При этом же напряжении и при повышении температуры на 100 К заряд возрастает на 1%. Определить диэлектрическую проницаемость материала и температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, если толщина диэлектрика между пластинами конденсатора $h = 2$ мм, а площадь каждой пластины $S = 5$ см². Какой вывод можно сделать о наиболее вероятном механизме поляризации

данного диэлектрика?

3. Чему равна активная мощность рассеяния в кабеле с сопротивлением изоляции 20 Мом при постоянном напряжении 20 В?

4. Известно, что при тепловом пробое диэлектрик толщиной 4 мм пробивается при напряжении 15 кВ на частоте 100 Гц. При каком напряжении промышленной частоты пробьется такой же диэлектрик толщиной 2 мм?

5. Почему для изоляции обмоточных проводов трансформаторов и электродвигателей используют терморезистивные, а не термопластичные лаки?

6. Керамический конденсатор емкостью 1,5 нФ при комнатной температуре имеет температурный коэффициент емкости $\alpha_c = -750 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Изобразите (качественно) температурные зависимости емкости и α_c этого конденсатора. Чему будет равна его емкость при температуре $T = -40^\circ \text{C}$?

7. Определить магнитную индукцию ферромагнитного сердечника, помещенного внутрь соленоида длиной $l = 20$ см с числом витков $n = 800$, если по обмотке проходит ток 0,2 А, а эффективная магнитная проницаемость сердечника $\mu = 200$.

8. Определить температуру, до которой нагреется алюминиевый провод сечением 15 мм^2 , длиной 1000 м, если по нему течет ток 40 А, создающий падение напряжения 225 В.

9. Конденсатор емкостью 200 пФ, изготовленный из пленки полистирола, заряжен до напряжения 100 В, а затем отключен от источника напряжения. Измерения, проведенные через 5 суток, показали, что на выводах конденсатора сохранилось напряжение 10 В. Пренебрегая поверхностной утечкой, определить сопротивление изоляции конденсатора. Вычислить удельное объемное сопротивление полистирола, если известно, что его диэлектрическая проницаемость равна 2,5.

10. Как изменится активное сопротивление катушки индуктивности, изготовленной из медного провода диаметром 5 мм, на частоте 5 МГц, если медный провод покрыть слоем серебра толщиной 30 мкм.

11. На пластину X-среза пьезоэлектрического кварца толщиной $h = 1$ мм вдоль оси X воздействует механическое напряжение $\sigma_1 = 10 \text{ Н/м}^2$. Определить разность потенциалов между противоположными плоскостями пластины, если в направлении оси X пьезомодуль продольного пьезоэффекта $d_{11} = 2,3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н}$. Диэлектрическую проницаемость кварца принять равной 4,6.

12. При комнатной температуре тангенс угла диэлектрических потерь ультрафарфора $\text{tg } \delta = 5 \cdot 10^{-4}$, а при повышении температуры до 100°C он возрастает в два раза. Чему равен $\text{tg } \delta$ этого материала при температуре 200°C ? Во сколько раз увеличится активная мощность, выделяющаяся в высокочастотном проходном изоляторе из этого материала, при изменении температуры от 20 до 200°C ? Изменением диэлектрической проницаемости керамики пренебречь.

13. На диэлектрическую подложку нанесена металлическая пленка толщиной 0,1 мкм, имеющая форму прямоугольника размерами $0,5 \times 2,5$ мм. Сопротивление пленки при напряжении, приложенном в продольном направлении, составляет 100 Ом. Определить сопротивление квадрата пленки, а

также сопротивление пленки в поперечном направлении (параллельно меньшей стороне прямоугольника).

14. Определить коэрцитивную силу кольцевого ферромагнитного сердечника, если для его размагничивания через обмотку, содержащую 100 витков, требуется пропустить ток 63 мА. Средний диаметр кольца 20 мм.

15. Определить длину проволоки из нихрома марки Х20Н80 для намотки проволочного резистора с номиналом 1 кОм, и допустимой мощностью рассеяния 10Вт. Принять параметры материала при 20°C : плотность тока 0,8 А/мм², удельное сопротивление 1,05 мкОм·м.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Модуль «Материалы»

1. Кристаллическая структура твердых тел. Типы химических связей.
2. Типы кристаллической решетки. Дефекты кристаллической решетки. Точечные, линейные, поверхностные, объемные.
3. Образование энергетических зон в кристаллах. Разрешенные и запрещенные зоны.
4. Классификация материалов по электрическим свойствам. Материалы ЭС: виды, назначение и предъявляемые требования.
5. Проводниковые материалы. Определение. Классификация. Основные свойства и характеристики проводниковых материалов.
6. Материалы высокой проводимости.
7. Материалы с большим удельным сопротивлением.
8. Аморфные металлические сплавы. Электрические, механические, коррозионные свойства. Области применения.
9. Контактные явления на границах металлов. Термоэлектродвижущая сила. Сплавы для термопар, их основные свойства и применение.
10. Припои и флюсы. Мягкие и твердые припои, область их применения. Активные, бескислотные и активированные флюсы.
11. Полупроводниковые материалы. Определение. Классификация. Основные характеристики. Собственные и примесные полупроводники. Концентрация носителей заряда
12. Простые полупроводники. Свойства. Применение.
13. Химические соединения полупроводников. Свойства. Применение.
14. Диэлектрические материалы. Определение. Классификация.
15. Поляризация диэлектриков. Механизмы поляризации.
16. Основные характеристики диэлектриков: диэлектрическая проницаемость, электропроводность, диэлектрические потери, удельное объемное и поверхностное сопротивления. Абсорбционные и сквозные токи. Сопротивление изоляции.
17. Особенности электропроводности диэлектриков в различных агрегатных состояниях.
18. Пассивные диэлектрики. Полимеры, клеи и компаунды. Неорганические стекла, ситаллы, керамика. Типы и особенности керамики, применяе-

мой в многослойных керамических конденсаторах для поверхностного монтажа.

19. Активные диэлектрики и их применение. Спонтанная поляризация и сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Пироэлектрики. Электреты. Жидкие кристаллы.

20. Магнитные материалы. Природа ферромагнетизма. Доменная структура. Начальная кривая намагничивания. Магнитный гистерезис. Коэрцитивная сила. Индукция насыщения. Влияние температуры на свойства ферромагнетиков. Магнитомягкие материалы. Магнитотвердые материалы.

Модуль «Компоненты»

1. Компоненты ЭС. Определение. Классификация. Общие характеристики компонентов ЭС. Влияние внешних воздействий на характеристики компонент.

2. Резисторы. Определение. Классификация. Маркировка и условное графическое обозначение резисторов. Основные технические характеристики резисторов. Конструкция резисторов и используемые материалы.

3. Специальные типы резисторов: термометры сопротивления, датчики тока, термисторы, позисторы, варисторы, фоторезисторы, магниторезисторы, тензорезисторы. Основные параметры и применение.

4. Конденсаторы. Определение. Классификация. Маркировка и условное графическое обозначение. Основные электрические характеристики конденсаторов.

5. Конструкция конденсаторов и используемые материалы (керамические, слюдяные,

стеклянные и стеклокерамические конденсаторы, конденсаторы с газообразным диэлектриком, вариконды, оксидные (электролитические) конденсаторы).

6. Катушки индуктивности. Основные характеристики. Маркировка и условное обозначение. Конструкции катушек индуктивности

7. Дроссели. Трансформаторы. Определение. Классификация.

8. Полупроводниковые компоненты. Электронно-дырочный переход

9. Полупроводниковые диоды. Классификация. Основные характеристики. Выпрямительные диоды. Стабилитроны.

10. Импульсные диоды. Диоды Шоттки. Варикапы.

11. Диоды СВЧ. Диод Ганна. Туннельный диод.

12. Биполярный транзистор. Конструкция. Основные характеристики.

13. Полевой транзистор. Конструкция. Основные характеристики.

14. Тиристоры.

15. Интегральные схемы.

16. Кварцевые и керамические резонаторы.

17. Пьезоэлектрические устройства на поверхностных и объемных акустических волнах: резонаторы, линии задержки, фильтры. Области применения, основные конструкции и параметры.

18. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы.

19. Оптроны.
20. Приборы с зарядовой связью.
21. Полупроводниковые светодиоды и лазеры.
22. Жидкокристаллические индикаторы и дисплеи.
23. Типы электрических соединителей. Параметры электрических контактов. Износ электрических контактов. Особенности функционирования электрических контактов на высоких частотах. Основные требования к электрическим контактам. Разновидности электрических контактов и применяемые материалы.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тестам, каждое тестовое задание содержит 10 вопросов с выбором ответа и два вопроса с развернутыми ответами. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, развернутый ответ оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 20.

Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 20 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Модуль «Материалы»			
1	Назначение, строение и основные свойства материалов электронных средств	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
2	Конструкционные металлические и неметаллические материалы.	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
3	Проводниковые материалы	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
4	Полупроводниковые материалы	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
5	Диэлектрические материалы	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
6	Магнитные материалы	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
Модуль «Компоненты»			

7	Пассивные дискретные компоненты	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
8	Полупроводниковые компоненты	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
9	Фильтры. Устройства задержки	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
10	Акустоэлектроника	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету
11	Коммутационные устройства и электрические соединители.	ОПК-1	Тест, отчет о лабораторной работе, вопросы к зачету

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Петров, К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : учеб. пособие / К.С. Петров. – СПб. : Питер, 2006. – 522 с.

2. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств [Электронный ресурс] / Н.К. Юрков – 2-е изд., испр., доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 480 с. – Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. – ISBN 978-5-8114-1552-6. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168617>

3. Худяков, Ю.В. Катушки индуктивности [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Худяков, Воронеж. гос. техн. ун-т, каф. радиоэлектрон. устройств и систем. – Воронеж : Воронежский государственный тех-

нический университет, 2017. – 140 с.

4. Программа, методические указания по самостоятельной работе и контрольные задания по дисциплине «Материаловедение и материалы РЭС» для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» заочной и очной форм обучения / Каф. радиоэлектронных устройств и систем; Сост. А. В. Чернышов. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. – 46 с.

5. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Материалы и компоненты электронных средств» по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю.В. Худяков. – Воронеж, 2021. – 55 с. – Режим доступа: [484-2021 МАТЕРИАЛЫ И КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ](#)

6. Чернышов, А.В. Радиоматериалы : учеб. пособие. Ч.1 : Органические и неорганические диэлектрические материалы. - Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. – 185 с.

7. Чернышов, А.В. Радиоматериалы : Учеб. пособие. Ч.2 : Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы. – Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. – 235 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

ОС Windows 7 Pro;

Media Player Classic Black Edition;

Google Chrome;

Microsoft Office 64-bit

Компас 3D;

DesignSpark PCB;

Altium Designer

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> – единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;

<http://www.iprbookshop.ru/> – электронная библиотечная система

IPRbooks

Профессиональные базы данных, информационные справочные сис-

темы:

<http://www.kit-e.ru/> – Электронная версия журнала «Компоненты и технологии» и архив с 1999 года;

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор на кронштейне;
- экран настенный;
- учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации

Учебная аудитория (лаборатория) для проведения лабораторных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, эмуляторами KP580 и EMURK286, подключенные к сети Интернет — 14 шт.;
- источник питания HY3020E- 9350 – 6 шт.;
- источник питания Б5-49 – 3 шт.;
- осциллограф GDS – 5 шт.;
- осциллограф цифровой запоминающий ОЦЗС02;
- универсальный генератор сигналов DG1022 – 4 шт.;
- цифровой осциллограф MSO2072A;
- электронная программируемая нагрузка AEL-8320 – 4 шт.;
- вольтметр В7-16А;
- частотомер MS6100;
- частотомер ЧЗ-35А

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
- принтер;
- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Материалы и компоненты электронных средств» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Лекция представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ

Лабораторные работы важны тем, что деятельность студентов приближается к деятельности инженера, способствуя приобретению навыков исследовательской работы, освоению методики экспериментальной работы, ознакомлению с радиоэлектронным оборудованием, обучению правилам безопасной работы с оборудованием.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает целый ряд составляющих (см. таблицу ниже).

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией. При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Рекомендуется составлять их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, тестирование, типовые расчеты);
- промежуточный; по дисциплине «Материалы и компоненты электронных средств» формой промежуточной аттестации является зачет

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо

	сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: изучить лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Время перед зачетом эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведую- щего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			