


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Колледж радиоэлектроники имени П.Н. Яблочкова

СОГЛАСОВАНО  
Председатель ЦК

  
« 1 » 09 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель методсовета  
колледжа

  
« 2 » 09 2021 г.



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине

Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты

11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники  
( по отраслям)

Профиль подготовки  
технический  
Квалификация выпускника  
техник  
Форма обучения  
очная

Саратов  
2021

## 1 Общие положения

Контрольно-оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ ФОС дисциплины включают контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме ЭКЗАМЕНА

## 2 Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

У 1	выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах
У 2	подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств
У 3	пользоваться справочной, нормативно-технической документацией
З 1	особенности физических явлений в электрорадиоматериалах
З 2	параметры и характеристики типовых радиокомпонентов
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2	Организовывать свою собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии профессиональной деятельности
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчинённых), результат выполнения задания
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
ОК 9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности
ПК 1.1	Использовать технологии, техническое оснащение и оборудование для сборки, монтажа и демонтажа устройств, блоков и приборов, различных видов радиоэлектронной техники
ПК 1.2	Эксплуатировать приборы различных видов радиоэлектронной техники для проведения сборочных, монтажных и демонтажных работ
ПК.3.2	Использовать алгоритмы диагностирования аналоговых и цифровых устройств и блоков радиоэлектронной техники

### 3 Распределение оценивания результатов обучения по видам контроля

Наименование элемента предметных результатов	Виды аттестаций	
	<i>Текущий контроль</i>	<i>Промежуточная аттестация</i>
<b>У1</b> выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах	Устный опрос Письменный опрос Практические занятия Лабораторные занятия	Экзамен
<b>У2</b> подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств	Письменный опрос Практические занятия	Экзамен
<b>У3</b> пользоваться справочной, нормативно-технической документацией	Практические занятия	Экзамен
<b>З1</b> особенности физических явлений в электрорадиоматериалах	Устный опрос Письменный опрос Практические занятия	Экзамен
<b>З2</b> параметры и характеристики типовых радиокомпонентов	Практические занятия	Экзамен

### 3.1.Оценивание результатов обучения на промежуточной аттестации

Объекты оценивания	Показатели	Критерии	Тип задания; № задания	Форма аттестации и (в соответствии с учебным планом)
<b>Уметь:</b>				
<b>У1</b> выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах	научиться выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах	научился выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в радиоэлектронных устройствах		Экзамен
<b>У2</b> подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств	научиться подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств	научился подбирать по справочным материалам радиокомпоненты для электронных устройств		
<b>У3</b> пользоваться справочной, нормативно-технической документацией	овладение навыком пользоваться справочной, нормативно-технической документацией	овладел навыком пользоваться справочной, нормативно-технической документацией		
<b>З1</b> особенности физических явлений в электрорадиоматериалах	формирование знаний об особенностях физических явлений в электрорадиоматериалах	сформировались знания об особенностях физических явлений в электрорадиоматериалах		
<b>З2</b> параметры и характеристики типовых радиокомпонентов	формирование знаний о параметрах и характеристиках типовых радиокомпонентов видов износа и деформаций деталей и узлов	сформировались знания о параметрах и характеристиках типовых радиокомпонентов видов износа и деформаций деталей и узлов		

## **4 Комплект контрольно-оценочных средств**

Включает в себя оценочные средства, предназначенные как для проведения промежуточной аттестации (экзамена), так и для проведения текущего контроля знаний студентов.

### **4.1 Текущий контроль**

Для осуществления текущего контроля по темам изучаемой учебной дисциплины используются следующие типы контрольных заданий: устный опрос, проверочные работы, практические задания.

#### **4.1.1 Устный опрос**

Цель устного опроса – оценить знания и кругозор обучающегося по дисциплине, умение логически построить ответ, грамотность речи, уровень развития пространственного мышления. Обучающая функция устного опроса состоит в выявлении вопросов, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий, при подготовке к зачету, и определении способов коррекции «пробелов» в знаниях и умениях обучающихся.

Опрос проводится фронтально или индивидуально с целью проверки отдельных знаний обучающихся. При устном опросе студенты дают развернутые ответы на поставленные вопросы.

#### ***Вопросы по разделу 1 Физико-химические основы материаловедения***

1. Виды химических связей. Виды кристаллических решеток. Примеры
2. Кристаллизация металлов.
3. Электрические характеристики материалов
4. Коррозия и ее виды
5. Виды дефектов в кристаллических веществах.
6. Кристаллизация сплавов
7. Механические характеристики материалов
8. Методы защиты от коррозии.
9. Опишите процессы:
  - отжиг и его виды
  - закалка, отпуск и старение
  - цементация
  - азатирование
10. Твердость по Бренеллю, по Роквеллу, по Виккерсу

#### ***Раздел 2 Проводниковые материалы***

1. Какие факторы и как влияют на электропроводность проводниковых материалов?
2. Какие металлы относятся к материалам с высокой удельной проводимостью?
3. Где в производстве РЭА применяется медь?
4. Какой металл имеет более высокую электропроводность алюминий или медь?
5. Перечислите сплавы меди и алюминия.
6. Какие сплавы используют для изготовления проволочных резисторов?
7. Какие сплавы используют для изготовления нагревательных элементов?
8. Какие сплавы и материалы используются для изготовления пленочные резисторов?

#### ***Раздел 3 Полупроводниковые материалы***

1. Перечислите основные характеристики полупроводниковых материалов.
2. Как получить полупроводник с р или n проводимостью?
3. Какие материалы используются в качестве простых полупроводников?
4. Какие материалы используются в качестве сложных полупроводников?

#### **Раздел 4 Диэлектрические материалы**

1. Назовите полимеризационные материалы, их свойства, область применения.
2. Перечислите слоистые пластики, в чем сходство и различие, область применения.
3. Что такое компаунды, где применяются?
4. Чем отличаются лаки от эмалей?
5. Назовите поликонденсационные материалы, их свойства, область применения.
6. Перечислите фольгированные материалы, в чем сходство и различие, область применения.
7. Какие виды лаков по назначению существуют?
8. Чем отличаются каучуки от резины?
9. Что представляют собой активные диэлектрики?
10. Каковы особенности сегнетоэлектриков?
11. Какие области применения электретов?
12. Преимущества жидких лазеров по сравнению с лазерными кристаллами и стеклами
13. Какие классы материалов относятся к активным диэлектрикам?
14. В чем состоит особенность электретов?
15. Каковы области применения сегнетоэлектриков?
16. Требования к активным диэлектрикам для квантовых приборов.

#### **Раздел 5 Магнитные материалы**

1. Перечислите основные параметры магнитных материалов.
2. Чем принципиально отличаются магнитомягкие от магнитотвердых материалов?
3. Ферриты. Основные характеристики и применение.

#### **Критерии оценки устного опроса:**

*Оценка «5» (отлично)* – ответ полный и правильный на все вопросы на основании ранее изученных знаний; материал изложен в определенной логической последовательности технически грамотным языком;

*Оценка «4» (хорошо)* – ответ полный и правильный на все вопросы на основании ранее изученных знаний; материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены 2–3 несущественные ошибки;

*Оценка «3» (удовлетворительно)* – ответы на вопросы даны не в полном объеме, материал изложен несвязно, при этом допущены существенные ошибки;

*Оценка «2» (неудовлетворительно)* – при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала или отсутствует ответ.

#### **4.1.2 Письменный опрос**

Условия выполнения письменного опроса: письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе. Письменные работы могут включать: диктанты, тесты, решение задач, отчеты по лабораторным работам и практическим занятиям. Обучающимся раздаются заранее подготовленные вопросы и задачи (карточки), на которые они дают письменные ответы. Письменный опрос позволяет на одном уроке оценивать знания всех обучающихся.

### **Вопросы по разделу 1 Физико-химические основы материаловедения**

1. Какие механические свойства вы знаете? Какими методами определяются механические свойства материалов?
2. На диаграмме растяжения укажите названия всех точек и участков диаграммы.
3. Какой предел является основной характеристикой при выборе материала для изготовления какого-либо изделия? Ответ обоснуйте.
4. Какие материалы более надежны в работе хрупкие или пластичные? Ответ обоснуйте.
5. Перечислите методы измерения твердости.
6. На чем основан метод измерения твердости по Бринеллю?
7. Как определяется твердость по методу Бринелля, Роквелла и Виккерса?

### **Вопросы по раздел 2 Проводниковые материалы**

1. Достоинства алюминия и его сплавов.
2. Недостатки меди и ее сплавов.
3. Применение серебра, как материала для РЭА
4. Достоинства меди и ее сплавов.
5. Недостатки алюминия и его сплавов.
6. Применение золота, как материала для РЭА.
7. Как классифицируются резисторы по типу проводящего элемента? Приведите примеры.
8. Назовите основные параметры резисторов.
9. Назовите единицы измерения сопротивления.
10. Как обозначаются резисторы на электрической принципиальной схеме?

### **Вопросы по разделу 3 Полупроводниковые материалы**

1. Полупроводники отличаются от проводников по характеру зависимости...
2. Измерения показывают, что у кремния, германия и других элементов и их сплавов удельное сопротивление с повышением температуры...
3. По мере повышения температуры тела, разорванных парноэлектронных связей...
4. Это приводит к ...
5. При разрыве связи образуется...
6. Таким образом, в полупроводниках имеются носители зарядов...
7. Поэтому полупроводники обладают...
8. Собственной проводимостью полупроводников называют...
9. Она во многом сходна с проводимостью..., т.к....
10. При наличии примесей в полупроводниках возникает...
11. Донорными называют примеси...
12. Акцепторными называют примеси...
13. Полупроводниками n-типа называют...
14. Полупроводниками p-типа называют...

### **Вопросы по разделу 4 Диэлектрические материалы (тест)**

#### **1. Твердые диэлектрики:**

- 1) полиэтилен, пластмассы, гетинакс
- 2) толуол, бензол, компаунд, краска
- 3) воздух, азот, аргон, гелий,

2. \_\_\_\_\_ - это способность электрической изоляции работать при низких температурах без недопустимого ухудшения эксплуатационных характеристик

**3. Способность материала пропускать сквозь себя водяной пар**

- 1) гигроскопичность
- 2) водопоглощаемость
- 3) влагопроницаемость

**4. Линейный неполярный полимер, полученный полимеризацией газа пропилена**

- 1) полиэтилен
- 2) полистирол
- 3) полипропилен

**5. Термопластичные полимеры характеризуются тем, что**

- 1) нагревание, приводящее к вязко-текучему состоянию, вызывает необратимые изменения их свойств
- 2) при достаточной выдержке при высокой температуре происходят необратимые процессы, в результате которых они теряют способность плавиться и растворяться, становясь твердыми и механически прочными, а некоторые обугливаются и сгорают
- 3) нагревание, приводящее к пластическому состоянию, не вызывает необратимых изменений их свойств

**6. Для чего добавляют в пластмассы пластификаторы?**

- 1) для придания механической прочности
- 2) для повышения пластичности и холодостойкости
- 3) способствуют длительному сохранению пластмассами своих основных свойств

**7. Что представляют собой компаунды?**

- 1) это коллоидные растворы пленкообразующих веществ в соответствующих летучих растворителях
- 2) это лаки, в состав которых введен неорганический наполнитель пигмент
- 3) это механические смеси из электроизоляционных материалов, не содержащие растворителей

**8. Электроизоляционные эмали являются материалами:**

- 1) покровными
- 2) пропиточными
- 3) клеящими

**9. \_\_\_\_\_ – это продукты частичной кристаллизации стекломассы, в которую кроме обычных оксидов вводят тонкодисперсные примеси, служащие для образования центров кристаллизации**

**10. Из всех разновидностей слюды наибольшее применение нашли:**

- 1) мусковит
- 2) миканит
- 3) слюдокерамика

**11. По назначению радиотехническая керамика подразделяется на:**

- 1) конденсаторную, установочную
- 2) изоляторную, изоляционную
- 3) другие группы

**12. Какой группе характеристик соответствуют следующие свойства: удельное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость, электрическая прочность**

- 1) тепловые характеристики



- 2) физико-химические характеристики
- 3) электрические характеристики
- 4) механические характеристики

**13. Электрическая прочность (E пр) диэлектрика с увеличением его толщины и температуры**

- 1) повышается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется

**14. Какие из перечисленных материалов относятся к диэлектрическим материалам**

- 1) стекло, ситаллы, плазма
- 2) фарфор, текстолит, трансформаторное масло
- 3) резина, азот, раствор  $\text{NaNO}_3$

**15. Диэлектрический материал, производимый на основе бумаги**

- 1) оргстекло
- 2) эбонит
- 3) гетинакс

**16. Синтетический материал, из которого изготавливают изоляцию проводов и кабелей**

- 1) плексиглас
- 2) полихлорвинил
- 3) формальдегидная смола

**17. Диэлектрический материал, производимый на основе каучука**

- 1) эбонит
- 2) гетинакс
- 3) оргстекло

**Вопросы по разделу 5 Магнитные материалы**

1. Перечислите основные параметры магнитных материалов.
2. Чем принципиально отличаются магнитомягкие от магнитотвердых материалов?
3. Ферриты. Основные характеристики и применение.

**Критерии оценки письменного опроса:**

*Оценка «5» (отлично)* – на все вопросы даны полные и правильные ответы на основании ранее полученных знаний и умений, материал изложен в определенной логической последовательности, технически грамотным языком;

*Оценка «4» (хорошо)* – на все вопросы даны полные и правильные ответы материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены две-три несущественные ошибки;

*Оценка «3» (удовлетворительно)* – ответы на вопросы даны не в полном объеме, материал изложен несвязно, при этом допущены существенные ошибки;

*Оценка «2» (неудовлетворительно)*– при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала или отсутствует ответ.

**Система оценки тестовых заданий:**

За правильный ответ на вопрос или верное решение задачи выставляется положительная оценка – 1 балл. За неправильный ответ на вопросы или неверное решение задачи



### Контрольные вопросы

- Что называется твердостью?
- К каким методам относятся испытания на твердость?
- В каких единицах измеряется твердость по Бринеллю?
- В чем состоят достоинства и недостатки метода Бринелли?
- Как определяется твердость по Бринелли ?
- Почему используются разные инденторы?
- Как работает индикатор твердомера Бринелли?

По окончании работы сделать вывод и ответить на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа №2

### Определение твердости материала методом Роквелла

**Цель работы:** Освоить принципы работы твердомеров типа ТК (Роквелл) и приобрести навыки определения твердости материалов по Роквеллу

#### Приборы и оборудование:

1. Прибор Роквелла (твердомер ТК)

#### Порядок проведения:

1. Установить соответствующий индентор и выбрать необходимую нагрузку. Поместить образец на столик и вращением маховика вдавить индентор в образец предварительной нагрузкой, при этом малая стрелка индикатора должна стать против красной точки, а большая – на нуль черной шкалы (А, С) индикатора или на 30 красной шкалы (В).
3. Нажать пусковую педаль и произвести нагружение основной нагрузкой в течение 3...6 секунд.
4. Опустить пусковую педаль и снять основную нагрузку через 1...3 секунды после остановки большой стрелки.
5. Считать число твердости с точностью до половины цены деления шкалы.
6. Повторить испытания не менее 3...5 раз, выдерживая расстояние между отпечатками не менее 3 мм.

Результаты измерений занести в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты измерений твердости по Роквеллу

№	Материал	Условия испытания			Измерения			Среднее значение	НВ (перевод)
		нагрузка, Н	вид индентора	шкала	I	II	III		

### Контрольные вопросы

- Что называется твердостью?
- К каким методам относятся испытания на твердость?
- В каких единицах измеряется твердость по Роквеллу?
- В чем состоят достоинства и недостатки метода Роквелла?
- Как определяется твердость по Роквеллу?
- Почему используются разные инденторы?
- Для чего применяется предварительное нагружение в методе Роквелла?
- Как работает индикатор твердомера Роквелла?

По окончании работы сделать вывод и ответить на контрольные вопросы.

## Лабораторная работа №3

### Определение температурного коэффициента электрического сопротивления проводникового материала

**Цели работы** Определение среднего температурного коэффициента электрического сопротивления проводника

#### *Теоретическая часть*

Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры имеет важное значение для экспериментальной физики и техники. Большинство точных измерений температуры в настоящее время производится с помощью так называемых термометров сопротивления (терморезисторов). Они представляют собой проволочные резисторы, температурная зависимость которых тщательно проградуирована в специальных термостатах. Эти термометры точнее, удобнее в использовании и диапазон их сравнительно шире, чем у ртутных и других жидкостных термометров. Платиновые терморезисторы, например, применяются в диапазоне от  $-263$  до  $+1000^{\circ}\text{C}$ . Точность таких термометров составляет несколько сотых долей градуса, а их сопротивление прямо пропорционально температуре. Для не слишком больших интервалов температуры (и не слишком низких температур) удельное сопротивление и других металлов удовлетворительно описывается линейной зависимостью

$$\rho(t) = \rho_0 (1 + \alpha \cdot t).$$

Здесь  $\rho_0$  - удельное сопротивление при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ ;

Естественно, так же зависит от температуры и сопротивление любого однородного металлического проводника (резистора), если он весь имеет эту температуру:

$$R(t) = R_0 (1 + \alpha \cdot t).$$

Для большинства чистых металлов температурный коэффициент сопротивления близок к величине, равной  $1/273 \approx 3,67 \cdot 10^{-3} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ , как видно из следующей таблицы.

**Таблица 1.** Температурные коэффициенты электрического сопротивления некоторых металлов в диапазоне температур от  $0$  до  $100^{\circ}\text{C}$ .

Проводник	$\alpha, (^{\circ}\text{C})^{-1}$	Проводник	$\alpha, (^{\circ}\text{C})^{-1}$
Никель	0,005866	Золото	0,003715
Железо	0,005671	Цинк	0,003847
Молибден	0,004579	Сталь (сплав)	0,003
Вольфрам	0,004403	Нихром (сплав)	0,00017
Алюминий	0,004308	Нихром V (сплав)	0,00013
Медь	0,004041	Манганин (сплав)	0,000015
Серебро	0,003819	Константан (сплав)	0,000074
Платина	0,003729		

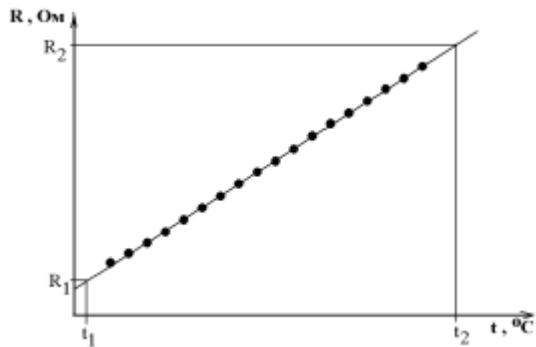
#### *Практическая часть*

1. По данным таблицы постройте на масштабной миллиметровой бумаге график зависимости сопротивления металла от температуры по шкале Цельсия. Интервалы величин  $R(\text{Ом})$  и  $t(^{\circ}\text{C})$  на осях выберите в соответствии с диапазонами изменения этих величин в проведенных измерениях. **ВНИМАНИЕ.** При нанесении экспериментальных точек на график, не соединяйте соседние точки линиями.

<b>В</b>	<b>Т, °С</b>	3	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82
<b>1</b>		0							8						

	<b>R<sub>0</sub></b> <b>М</b>	8	83,	84,	85,	87,	88,	89,	9	92,	94,	97,	99,	100,	10
<b>В</b> <b>2</b>	<b>T,°C</b>	3	34	38	42	46	50	54	5	62	66	70	74	78	82
	<b>R<sub>0</sub></b> <b>М</b>	8	81	82	83,	84,	85,	86,	8	89,	90,	91,	92,	93,6	95

2. Так как предполагается, что зависимость  $R(t)$  является линейной, проведите через все экспериментальные данные на графике общую прямую линию, как показано на рисунке.



3. Для определения величины температурного коэффициента сопротивления металлов, выберите на проведенной прямой две точки при некоторых температурах  $t_1$  и  $t_2$  (желательно вне диапазона измерений).

По формулам

$$R_1 = R_0(1 + \alpha \cdot t_1)$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha \cdot t_2)$$

После исключения неизвестной величины  $R_0$  из этой системы уравнений:

$$R_2/(1 + \alpha \cdot t_2) = R_1/(1 + \alpha \cdot t_1),$$

для определения температурного коэффициента сопротивления получается расчетная формула:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{t_2 \cdot R_1 - t_1 \cdot R_2}$$

4. Вычислив значение  $\alpha$  по этой формуле.

5. Сравните полученное значение  $\alpha$  со справочными данными таблицы 1.

**Реши задачу**

**Вариант 1**

Лампа накаливания, имеющая спираль из вольфрама включена в сеть с напряжением  $U=120\text{В}$ , по ней идет ток  $I=0.33\text{А}$ . Какой будет температура спирали, если при температуре  $t_{20} = 20^\circ\text{C}$  она имеет сопротивление  $R_{20}=35,8\text{Ом}$ ? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha=4,6 \cdot 10^{-3} \text{ 1/К}$ .

**Вариант 2**

Лампа накаливания, имеющая спираль из вольфрама включена в сеть с напряжением  $U=220\text{В}$ , по ней идет ток  $I=0.5\text{А}$ . Какой будет температура спирали, если при температуре  $t_{20} = 20^\circ\text{C}$  она имеет сопротивление  $R_{20}=35,8\text{Ом}$ ? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha=4,6 \cdot 10^{-3} \text{ 1/К}$ .

## Лабораторная работа №4

### Определение марки проводникового материала по величине удельного электрического сопротивления

**Цели работы:** Определение электрического сопротивления проводника используя ВАХ и подбор материала.

### Теоретическая часть

Когда по металлическому проводнику, являющемуся участком замкнутой цепи, протекает ток, то между силой тока  $I$  в проводнике и напряжениях на его зажимах  $U$  существует прямо пропорциональная зависимость, выражаемая **законом Ома**, который гласит, что сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна его сопротивлению:

$$I = \frac{U}{R}$$

Величина  $R$ , называется **электрическим сопротивлением** или просто сопротивлением проводника. Аналогично тому, как трение в механике создает противодействие движению тела и приводит к превращению механической энергии во внутреннюю энергию тела, сопротивление проводника характеризует противодействие току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц. Сопротивление участка цепи измеряется напряжением на этом участке, необходимым для получения в нем тока, равного единице.

$$R = \frac{U}{I}$$

Сопротивление проводника зависит от материала проводника, т. е. строения его кристаллической решетки, а также его формы и размеров. Для однородного цилиндрического проводника (провода) длиной  $l$  и площадью поперечного сечения  $S$  сопротивление определяется по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Величина  $\rho$ , характеризующая зависимость сопротивления проводника от материала, из которого он сделан, и от внешних условий, называется **удельным сопротивлением** вещества.

Удельное сопротивление – это сопротивление проводника длиной 1 м и поперечное сечение 1 мм<sup>2</sup>

$$[\rho] = \text{Ом} \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$$

Рабочая формула для определения величины  $\rho$  опытным путем:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

### Удельное электрическое сопротивление некоторых веществ,

$$\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \quad (\text{при } t = 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

Серебро	0,016	Никелин	0,40	Нихром	1,1
Медь	0,017	(сплав)		(сплав)	
Золото	0,024	Манганин	0,43	Фехраль	1,3
Алюминий	0,028	(сплав)		(сплав)	
Вольфрам	0,055	Константан	0,50	Графит	13
Железо	0,10	(сплав)		Фарфор	10 <sup>19</sup>
Свинец	0,21	Ртуть	0,98	Эбонит	10 <sup>20</sup>

### Практическая часть

1. По ВАХ рассчитать для своего варианта три значения  $R$ . Результаты записать в таблицу.

$I, A$	$U, B$	$R, Ом$	$R_{ср.}, Ом$	$\rho, \frac{Ом \cdot мм^2}{м}$	Материал

2 Найти его среднее значение.

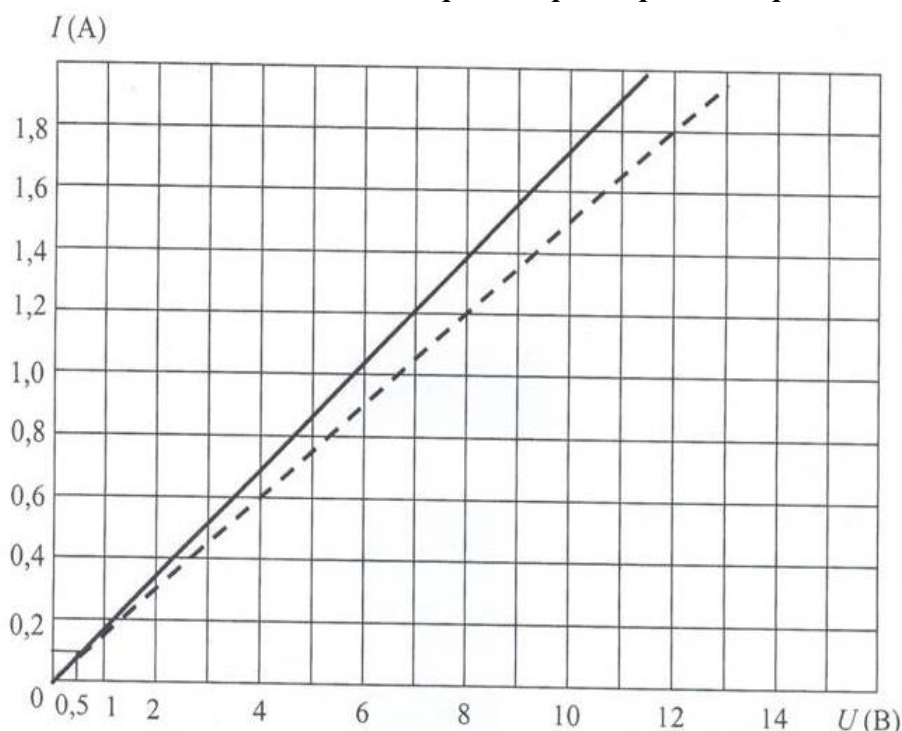
3. По рабочей формуле определить удельное сопротивление, зная что

**I вариант:**  $l=5$  м,  $S = 1$  мм<sup>2</sup>

**II вариант:**  $l=13$  м,  $S = 1$  мм<sup>2</sup>

4. По значению удельного сопротивления определить марку проводника

### Вольт-амперные характеристики проводников



#### Реши задачи

##### I вариант

1. Определить сопротивление 200 м железной проволоки сечением 5 мм<sup>2</sup>.
2. Для радиоприемника необходимо намотать сопротивление в 30 Ом из никелиновой проволоки сечением 0,21 мм<sup>2</sup>. Определить необходимую длину проволоки.

##### II вариант

1. Вычислить сопротивление 2 км алюминиевой проволоки сечением 2,5 мм<sup>2</sup>.
2. Определить сечение 20 м нихромовой проволоки, если сопротивление ее равно 25 Ом.

## Лабораторная работа №5 Определение параметров и подбор резистора

**Цели работы:** Сформировать практические навыки по определению основных параметров резистора и подбор резистора по справочнику в соответствии с требованиями

#### Теоретическая часть

Для правильного выбора резистора необходимо знать величину его сопротивления  $R$ , рассеиваемую мощность  $P_R$  и дополнительные условия эксплуатации. Этими

дополнительными условиями в основном определяется выбор типа резистора. Для изделий общепромышленного назначения наиболее часто применяются резисторы типов ВС и МЛТ.

Кроме того, в эксплуатации находятся резисторы с маркировкой:

МТ – металлизированные теплостойкие;

МЛТ – металлизированные лакированные теплостойкие;

МОН – металлоокисные низкоомные;

КИМ – композиционные изолированные малогабаритные;

УЛИ – углеродистые лакированные изомерильные;

БЛП – бороуглеродистые лакированные прецизионные;

МЛП – металлизированные лакированные прецизионные;

ВС – влагостойкие;

ПЭВ – проволочные эмалированные влагостойкие.

После выбора типа резистора на шкале номинальных мощностей выбирается мощность резистора. Например, для названных типов резисторов шкала номинальных мощностей выглядит следующим образом:

**$P_{ном} = 0.125 \text{ Вт}; 0.25 \text{ Вт}; 0.5 \text{ Вт}; 1.0 \text{ Вт}; 2.0 \text{ Вт}; 5.0 \text{ Вт}; 10.0 \text{ Вт}$** , (последние два значения только для резисторов типа ВС).

**При выборе мощности резистора должно выполняться условие:**

$$P_{ном} > P_p.$$

Номинальное значение сопротивления резистора выбирается наиболее близким к расчетному по шкале номинальных величин постоянных сопротивлений с учетом допустимого разброса. Резисторы названных типов выпускаются со следующими значениями допустимых отклонений сопротивления от номинального значения:  $\pm 5\%$ ;  $\pm 10\%$ ;  $\pm 20\%$ . С целью снижения стоимости аппаратуры следует стремиться выбирать резисторы с наибольшим разбросом, допустимым по условиям работы схемы.

При выборе номинала следует убедиться, что необходимый номинал находится внутри пределов, предусмотренных для данного типа резистора. Например, резисторы типа ВС-0.25 имеют номинальные значения в пределах от 27 Ом до 5.1 мОм, резисторы типа ВС-2 – от 47 Ом до 10 мОм и т.д.

**Пример.** Для установки в цепи смещения транзисторного каскада требуется подобрать резистор, имеющий сопротивление 3510 Ом; расчетное значение тока, протекающего через резистор, равно 5.4 мА.

Выбираем тип резистора МЛТ. Определяем мощность, выделяемую в резисторе.

$$P_p = I^2 R = (5.4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3510 = 0.092 \text{ Вт}.$$

Выбираем номинальное значение мощности резистора.

$$P_{ном} = 0.125 \text{ Вт}.$$

Учитывая, что величина сопротивления данного резистора определяет режим работы транзистора и должна по возможности близко соответствовать расчетной, выбираем минимальную величину допуска  $DR = \pm 0.5\%$ .

По справочной таблице убеждаемся, что необходимая нам величина сопротивления находится внутри диапазона сопротивлений, на которые изготавливается выбранный нами тип резистора.

По шкале номинальных значений выбираем ближайшую величину сопротивления

$$R_{ном} = 3.6 \text{ кОм}.$$

Таким образом, нами выбран резистор МЛТ –  $0.125 \pm 5\% 3.6 \text{ кОм}$ .

### **Задания на практическую работу:**

#### **Задание 1**

Расшифровать резисторы по карточкам заданий

-определить основные параметры резисторов из набора резисторов разной мощности рассеивания:

-тип резистора,



- мощность рассеивания,
- номинальное сопротивление,
- допустимое отклонение,
- температурный коэффициент сопротивления (ТКС)

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
С2-23-2 М16 ±5%	МЛТ-0,5 680Е С	С2-11-1 3М2 ±10%	Р2-11 М22 ±5%	ПЭВ-5 К27 ±10%	МЛТ-1 К51 И
БЛП -1 1М3 ±10%	ПЭВ-5 6к8 ±10%	МЛТ-0,25 82к И	УЛИ-0,25 К78 ±2%	С2-23-1 380R С	ПЭВ-3 160к ±20%
С1-15-0,5 180 ±0,1%	С2-11В 7R1 И	БЛП-1 М29 ±10%	С1-13В 7к9 ±1%	Р2-9 8к1 ±5%	С1-14В 1М3 ±1%
ПЭВ-3 5М9 ±10%	С5-7 М33 ±10%	ПЭВ-3 320к ±5%	МЛТ-2 270 ±10%	МЛТ-0,125 78R ±10%	КЛМ-0,25 2к3 ±2%
МЛТ-0,25 М36 ±5%	БЛП-0,5 5к2 ±0,1%	Р1-35В-0,25 120К ±2%	ПЭВ-3 43К ±20%	УЛИ-0,25 К44 ±1%	Р2-9 140к С
С1-14А 5R6 ±0,2%	С1-6-0,25 180 ±0,2%	КИМ-0,25 К38 ±1%	КИМ-0,125 К53 ±1%	С1-9 5к6 ±2%	КИМ-0,25 К48 ±0,2%

### Задание 2

Выбрать резистор с учётом следующих данных:

	<i>Ток(постоянный), протекающий через резистор, не более, А</i>	<i>Номинальное сопротивление, Ом</i>	<i>Допуск</i>	<i>Выделяемая мощность в резисторе, Вт</i>	<i>Номинальное значение мощности резистора, Вт</i>	<i>Тип резистора</i>	<i>Выбранный резистор</i>
<b>В1</b>	1.0,012 2.0,027 3.0,031	1.1234 2.2456 3.4567	1. ±1 2. ±10 3. ±5			<i>Резисторы постоянные непровочные</i>	
<b>В2</b>	1.0,025 2.0,041 3.0,054	1.2567 2.3456 3.7890	1. ±1 2. ±10 3. ±5			<i>Резисторы постоянные провочные</i>	
<b>В3</b>	1.0,013 2.0,033 3.0,076	1.1456 2.3478 3.6789	1. ±1 2. ±10 3. ±5			<i>Резисторы постоянные непровочные</i>	
<b>В4</b>	1.0,034 2.0,045 3.0,088	1.6754 2.3456 3.3567	1. ±1 2. ±10 3. ±5			<i>Резисторы постоянные провочные</i>	
<b>В5</b>	1.0,038 2.0,055 3.0,063	1.4789 2.6789 3.3456	1. ±1 2. ±10 3. ±5			<i>Резисторы постоянные непровочные</i>	
<b>В6</b>	1.0,01 2.0,077 3.0,095	1.7689 2.1234 3.5678	1. ±1 2. ±10 3. ±5			<i>Резисторы постоянные провочные</i>	

### Контрольные вопросы и задания

- 1 Как классифицируются резисторы по типу проводящего элемента? Приведите примеры.
- 2 Назовите основные параметры резисторов.
- 3 Назовите единицы измерения сопротивления.
- 4 Как обозначаются резисторы на электрической принципиальной схеме?
- 5 Приведите примеры обозначения номинального сопротивления в Ом, кОм, МОм.

6 Приведите примеры обозначения мощности рассеивания на электрической принципиальной схеме.

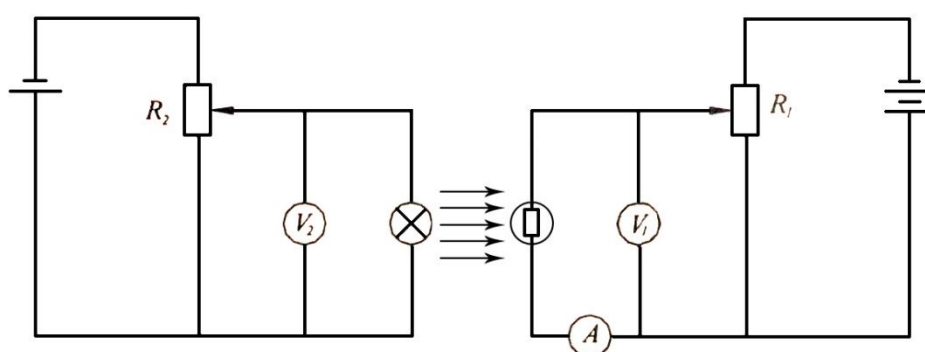
### Лабораторная работа №3 Исследование свойств полупроводниковых материалов

**Цель работы:** Изучение фотоэлектрической зависимости электропроводимости полупроводников методом экспериментального исследования вольтамперных и люксамперных характеристик фоторезисторов.

**Приборы и оборудование**

1. измерительная установка;
2. образцы полупроводников.

**Схема измерительной установки:**



**Порядок проведения:** Включить стенд. Изменяя освещенность фоторезистора, измерить его фототок и напряжение на нем. Результаты измерений занести в таблицу

Таблица 1. Результаты измерений вольтамперных характеристик:

U <sub>2</sub> =25В										
U <sub>ф</sub> , В	0									
J <sub>ф</sub> , мА	0									

По результатам измерений построить вольт-амперную характеристику, сделать вывод.

### Лабораторная работа №7 Исследование свойств фольгированных материалов для изготовления печатных плат

**Цель работы:** изучение материалов для изготовления печатных плат.

**Порядок проведения:** Получить набор образцов. По справочнику материалов выписать их свойства. Результаты записать в таблицу

Свойства	Фольгированный гетинакс	Фольгированный стеклотекстолит

Сделать вывод.

## Лабораторная работа № 8

### Исследование напряженности в стекле

#### Цель работы:

1. Изучение поляризационно - оптического метода нахождения величины напряжений в контролируемом образце;
2. Определение категории стекла по двойному лучепреломлению.

#### Приборы и оборудование

Полярископ-поляриметр ПСК-250М

#### Порядок проведения:

##### *Проверка прибора*

- 1) При включенном приборе матовое стекло должно быть полностью освещено.
- 2) При включенном приборе и введенной одноволновой фазовой пластинке (ручка на столике прибора установлена в положение " $\lambda$ "), цвет поля должен быть пурпурно-фиолетовым или сине-красным "при скрещенных поляризаторе и анализаторе диаметром 250 мм".
- 3) Измерительную головку ввести в рабочее положение. Ноль шкалы лимба измерительной головки установить на 0 шкалы отсчетного устройства. Ручку на столике прибора установить в положение "О". Диск переключения четвертьволновых фазовых пластинок установить в положение "С". В этом случае при включенном приборе не должно происходить нарушение темноты в середине поля зрения.
- 4) Ручку на приборе установить в положение " $\lambda/4$ ". Диск переключения четвертьволновых фазовых пластинок установить в положение "К". При включенном приборе не должно происходить нарушение темноты в середине поля зрения.

##### *Режим полярископа*

Работать с прибором необходимо в полутемном помещении. Измерения на приборе, когда он работает как полярископ, нужно проводить в следующем порядке.

Включить лампу осветителя в сеть переменного тока 220 В.

В рабочее время ввести анализатор диаметром 250 мм и одноволновую фазовую пластинку, установив ручку на столике прибора в положение " $\lambda$ ". Поместить исследуемый образец на середине матового стекла.

Наблюдать через анализатор и вращать матовое стекло с исследуемым образцом до положения, соответствующего наибольшей разности хода. По наблюдаемому цвету найти разность хода  $\Delta\Gamma$  в нм, пользуясь таблицей 1.

Таблица 1. Таблица интерференционных цветов в исследуемом предмете в зависимости от разности хода

Цвет	Разность хода, $\Delta\Gamma$ , нм
Желтый	325
Желто-зеленый	275
Зеленый	200
Голубовато-зеленый	145
Голубой	115
Пурпурно-фиолетовый	0
Красный	25
Оранжевый	130
Светло-желтый	200
Желтый	260
Белый	310

Зная разность хода  $\Delta\Gamma$  и толщину исследуемого образца  $L$  в сантиметрах, определить  $(n_1 - n_2)$  по формуле:

$$(n_1 - n_2) = \frac{\Delta\Gamma}{L}; \quad (3)$$

По разности  $(n_1 - n_2)$  найти категорию стекла по двойному лучепреломлению, пользуясь таблицей 2.

Таблица 2

Категория	Двойное лучепреломление в нм на 1 см ( $\Delta\Gamma/L$ ), не более, в стеклах с оптическим коэффициентом напряжения $10^{-12}$ [Па] <sup>-1</sup>		
	В до 2,0	В от 2,0 до 2,8	В свыше 2,8
1	до 1,5	до 2	до 3
2	4	6	8
3	7	10	13
4	10	15	20
5	25	50	65

По найденной разности хода  $\Delta\Gamma$  определить величину напряжений  $\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma$  в образцах стекла по формуле (2). Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.

Таблица 3

	№ образц а	Коэф.опт.акт. В, $10^{-12}$ [Па] <sup>-1</sup>	Толщина образца L	Разность хода ( $n_1 - n_2$ ), [нм/см]	Категория стекла	$\sigma_1 - \sigma_2$ , [Па]
Режим полярископа						
Режим поляриметра						

### **Режим поляриметра**

При работе прибора в качестве поляриметра следует ввести измерительную головку в рабочее положение.

Установить ручку на столике прибора в положение "О". Установить диск переключения четвертьволновых фазовых пластинок в положение "С". Ввести в поле зрения зеленый светофильтр.

Поворотом анализатора измерительной головки поле зрения установить на темноту и произвести отсчет по шкале.

В центре матового стекла поместить исследуемый образец. Матовое стекло с исследуемым образцом повернуть до максимального затемнения проверяемого участка образца. Затем матовое стекло с исследуемым образцом повернуть на 45°.

Поворотом анализатора, при данном положении образца, добиться максимального затемнения просветленных участков. Затем произвести отсчет по шкале анализатора

измерительной головки. Разница между отсчетом по шкале с введенным образцом и нулевым отсчетом дает угол  $\Theta$  поворота анализатора измерительной головки. При появлении в поле зрения окраски, затрудняющей установку анализатора на максимальное затемнение поля зрения, на окуляр измерительной головки установить дополнительный светофильтр из комплекта прибора и повторить измерение.

Разность хода  $\Delta\Gamma$  в исследуемом образце определяется по формуле:

$$\Delta\Gamma = 3 \cdot \Theta \text{ нм} \quad (4)$$

Зная разность хода  $\Delta\Gamma$  и толщину исследуемого образца  $L$  в сантиметрах, определить  $(n_1 - n_2)$  по формуле (3).

По разности  $(n_1 - n_2)$  найти категорию стекла по двойному лучепреломлению.

По найденной разности хода  $\Delta\Gamma$  определить величину напряжений  $\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma$  в образцах стекла по формуле (2).

Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.

### Контрольные вопросы

1. Сущность поляризационно-оптического метода исследования напряженного состояния оптических материалов.
2. Причины, вызывающие двойное лучепреломление в стекле.
3. Влияние напряжений на оптические характеристики деталей и качество оптической системы в целом.
5. В чем отличие между полярископом и поляриметром?
6. Какую роль выполняют конденсорная система и светофильтр в полярископе?
7. Какими свойствами обладают  $\lambda$ -,  $\lambda/4$  пластинки, компенсатор Сенармона?

По окончании работы сделать вывод и ответить на контрольные вопросы.

## Практическая работа № 1 Изучение свойств сплавов высокого сопротивления

**Цель работы:** Изучить свойства сплавов высокого сопротивления

1. Используя данные справочной литературы и учебника, заполните таблицу. Основные характеристики с большим удельным сопротивлением

Характеристика	Манганит	Константан
Состав, %		
Плотность, кг/м <sup>3</sup>		
Температура плавления, °С		
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С		
Разрушающее напряжение при растяжении, Н/м		
Относительное удлинение, %		
Удельное электрическое сопротивление Ом*м		
Область применения		

2. Используя данные справочной литературы и учебника, заполните таблицу. Основные характеристики жаростойких проводниковых материалов

<b>Характеристика</b>	<b>Нихром Х15Н60</b>	<b>Нихром Х20Н80</b>	<b>Фехраль</b>	<b>Хромаль</b>
Состав, %				
Плотность, кг/м <sup>3</sup>				
Допустимая температура, °С				
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С				
Удельное электрическое сопротивление Ом*м				
Область применения				

## **Практическая работа № 2**

### **Работа со справочником: «Резисторы»**

**Цель работы:** изучение типов резисторов для различных схем.

**Порядок проведения:**

Получить справочник по резисторам. Выбрать из каждого раздела по одному резистору, выписать их параметры, начертить конструкцию, записать область применения.

## **Практическая работа № 3**

### **Конструкция переменных и подстроечных резисторов**

**Цель работы:** изучить конструкцию переменных и подстроечных резисторов

**Порядок проведения:**

На основании основной и дополнительной литературы, рекомендуемой к выполнению самостоятельной работы необходимо изучить конструкцию переменных и подстроечных резисторов. Записать их принцип работы. Записать область применения этих резисторов.

## **Практическая работа № 4**

### **Красная граница фотоэффекта**

**Цель работы:** определение красной границы фотоэффекта различных материалов.

**Порядок проведения:**

На основании основной и дополнительной литературы, рекомендуемой к выполнению самостоятельной работы необходимо изучить виды фотоэффекта, уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта, материала, в которых наблюдается фотоэффект. Рассчитать порог fotocувствительности и красную границу фотоэффекта для некоторых металлов. Записать виды приборов, работающих на внешнем фотоэффекте. Сделать вывод.

## **Практическая работа №5**

### **Изучение конструкции и принципа работы ЛПД и диодов Ганна**

**Цель работы:** изучить конструкцию и принцип работы ЛПД и диодов Ганна.

**Порядок проведения:**

На основании основной и дополнительной литературы, рекомендуемой к выполнению самостоятельной работы необходимо изучить структуру лавинно-пролетных диодов, их конструкцию. Начертить структуру ЛПД и включение ЛПД в схему. Записать их принцип работы. Пояснить принцип работы диодов Ганна с помощью энергетической диаграммы. Записать область применения этих диодов.

## Практическая работа № 6

### Работа со справочником. Изучение раздела «Полупроводниковые диоды»

**Цели работы** Научиться работать с полупроводниковыми приборами, определять их маркировку по справочным данным, производить простейшие расчёты с помощью графиков

#### Теоретическая часть

Система условных обозначений современных типов диодов установлена отраслевым Стандартом ОСТ 11336.919-81. В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код.

**Первый элемент** обозначен исходный полупроводниковый материалы, из которого изготовлен диод. Используются буквы или цифры:

Г или 1 – для германия или его соединений;

К или 2 – для кремния или его соединений;

А или 3 – для соединений галлия;

И или 4 – для соединений индия.

**Второй элемент** – буква, определяющая подкласс (или группу) прибора.

Д – для диодов выпрямительных, импульсных, магнитодиодов, термодиодов;

Ц – выпрямительные столбы и блоки;

А – диоды СВЧ;

В – варикапы;

И – туннельные и обращенные диоды;

Н – диодные тиристоры;

У – триодные тиристоры;

Л – излучатели (светодиоды);

Г – генераторы шума;

Б – диоды Ганна;

К – стабилизаторы тока;

С – стабилитроны и стабисторы.

**Третий элемент** – состоит из трех цифр, обозначающих назначение и качественные свойства приборов, а также порядковый номер разработки.

**Четвертый элемент** (буква) обозначает классификацию диода внутри технологического типа по одному или нескольким электрическим параметрам.

#### Задания на практическую работу:

##### Задание 1

Расшифровать маркировку полупроводниковых приборов по карточкам заданий, зарисуйте условное графическое обозначение этих приборов.

Вариант 1;7;13;19	Вариант 2;8;14;20	Вариант 3;9;15;21	Вариант 4;10;16;22	Вариант 5;11;17;23	Вариант 6;12;18;24
АЛ102А-В	КД212А	КС447А	ГИ103А	КВ105Б	АЛ341Е
КУ204А	КС182А	КД209В	АЛ112М	КД411Г	КУ208Б
КД504А	АЛ336К	КУ101Г	КН102Г	АЛ310Д	КД213Б
КВ107А	КН102А	АЛ112Л	КД221А	КУ202А	1И104Б

Заполните таблицу 1.

Маркировка полупроводникового прибора	Расшифровка маркировки полупроводникового прибора	УГО полупроводникового прибора	Определение каждого полупроводникового прибора

### Задание 2

В соответствии с графиком рисунка 1 определить сопротивление полупроводникового диода постоянному току при включении в прямом и обратном направлениях, если известны прямое и обратное напряжения - значения взять из таблицы для своего варианта.

Варианты	Для задания 2		Для задания 3
	$U_{пр}$	$U_{обр}$	$I_{пр}$
1,17	0,3	-20	400
2,18	0,6	-20	300
3,19	0,9	-20	200
4,20	1,2	-20	100
5,21	0,3	-40	400
6,22	0,6	-40	300
7,23	0,9	-40	200
8,24	1,2	-40	100
9,25	0,3	-80	400
10,26	0,6	-80	300

Объяснить работу полупроводникового диода при включении его в прямом и обратном направлениях.

$$R_{пр} = U_{пр} / I_{пр} =$$

$$R_{обр} = U_{обр} / I_{обр} =$$

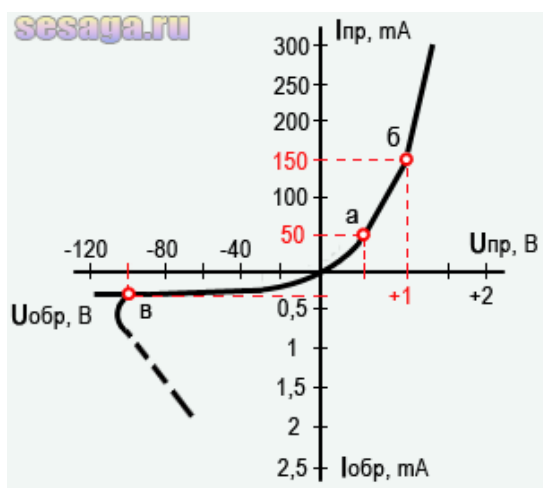


Рисунок 1 – Вольт-амперная характеристика выпрямительного диода

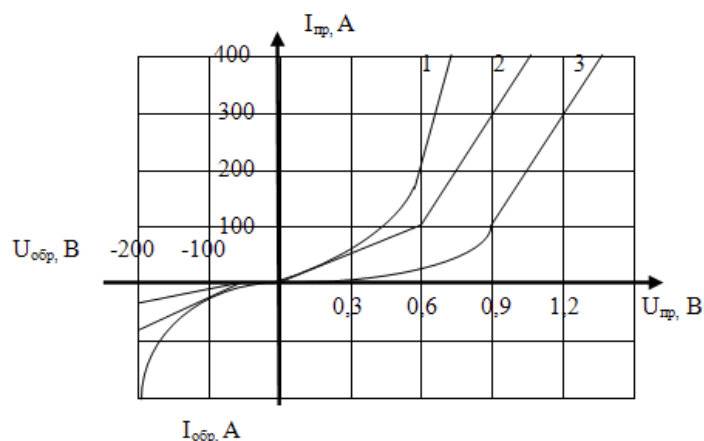


Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики выпрямительных диодов при различных температурах  
1 – 100 °C, 2 – 25 °C, 3 – (-60 °C)

### Задание 3

По ВАХ полупроводникового диода для температур 100°C, 25°C, -60°C (см. рисунок 2) определите сопротивление диода постоянному току в прямом направлении, при известном  $I_{пр}$ . Сравните полученные значения. Объясните разницу в расчётах

## Практическая работа № 7

### Работа со справочником. Изучение раздела: «Транзисторы»

**Цель работы:** изучение типов транзисторов для различных схем.

**Порядок проведения:**

Получить справочник по транзисторам. Выбрать из каждого раздела по одному транзистору, выписать их параметры, начертить конструкцию, записать область применения.



## Практическая работа №8

### Работа с ЕСКД, УГО микросхем, типы микросхем

**Цель работы:** изучение условно-графических обозначений элементов электрических схем.

**Порядок проведения:**

Получить ЕСКД. Выписать УГО различных микросхем

## Практическая работа № 9

### Определение типа диэлектрика по его свойствам

**Цели работы:**

1. Научиться рассчитывать характеристики электроизоляционных радиоматериалов
  2. Правильно определять и оценивать изменение свойств в зависимости от изменения условий эксплуатации
  3. Продемонстрировать теоретические знания по теме «Диэлектрические материалы»
- Каждый студент выполняет практическую часть по данным из таблицы для своего варианта.

Расчетная часть оформляется в виде задачи, где обязательно должны быть указаны:

1. Исходные данные
2. Величины, которые необходимо определить в процессе расчетов
3. Формулы для расчетов всех величин и параметров
4. Расчеты и конечный результат с указанием единиц измерения
5. Полный ответ, в котором должно содержаться пояснение полученных результатов

**Задание 1.** Определить величину, характеризующую свойства изоляционного материала. Каждый студент должен рассчитать параметр, указанный в индивидуальном задании. Для расчетов пользоваться формулой :

$$E_{пр} = \frac{U_{np}}{h}, \text{ где}$$

$E_{пр}$  - электрическая прочность материала

$U_{пр}$  - напряжение пробоя

$h$  - толщина диэлектрика

**Задание 2.** В индивидуальном задании указано на изменение одного из параметров изоляционного материала. Необходимо рассчитать, как данное изменение повлияет на другие характеристики материала. Для этого необходимо:

1. Определить величину измененного параметра в соответствии с индивидуальным заданием.
2. Пользуясь формулой  $E_{пр} = \frac{U_{np}}{h}$  рассчитать одну из величин ( $E_1$ ,  $U_{пр.1}$ ,  $h_1$ ), указанную в задании № 2 вашего варианта.

3. Определить, на сколько изменится величина, указанная в вашем задании. Пояснить, почему произошло данное изменение.

**Задание 3.** Для определения величины, указанной в вашем варианте, необходимо пользоваться следующей формулой:

$$W\% = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100\%, \text{ где}$$

$W\%$  - гигроскопичность материала

$m_0$  - первоначальная масса материала в нормальных условиях

$m_1$  - масса материала, после выдержки его в условиях повышенной влажности.

Пояснить, почему меняется масса диэлектрика в условиях повышенной влажности.

### Вопросы для вариантов 1,4,7,10,13,16,19

#### Определить:

1. Какое максимальное напряжение  $U_{пр}$  может выдержать диэлектрик.
2. Как и на сколько изменится напряжение пробоя диэлектрик, если электрическая прочность уменьшится на  $N\%$ .
3. Насколько и как изменится масса диэлектрика, если его гигроскопичность составляет  $W\%$ .

### Вопросы для вариантов 2,5,8,11,14,17,20

#### Определить:

1. Электрическую прочность диэлектрика  $E_0$ .
2. Как и насколько изменится электрическая прочность диэлектрика, если напряжение пробоя  $U_{пр}$  увеличится на  $N\%$ .
3. Первоначальную массу диэлектрика  $m_0$ , если при гигроскопичности  $W\%$  после помещения в условия повышенной влажности масса диэлектрика равна  $m_1$ .

### Вопросы для вариантов 3,6,9,12,15,18,21

#### Определить:

1. Толщину изоляционного материала, необходимую для работы при данном напряжении.
2. Насколько и как необходимо изменить толщину диэлектрика, если его электрическая прочность уменьшится на  $N\%$ .
3. Определить гигроскопичность диэлектрика  $W$ , если при помещении во влажную среду его масса увеличивается в  $n$  раз

Нвар.	$m_0$ , кг.	$m_1$ , кг.	$E_0$ , МВ/м	$h$ , мм	$U_{пр 0}$ , кВ	$N\%$	$W\%$	$n$
1	2	-	15	0,8	-	10	12	-
2	-	1,2	-	1,3	40	15	8	-
3	1	-	25	-	32	6	-	1,1
4	3	-	45	1	-	13	15	-
5	-	1,5	-	1,2	55	14	20	-
6	4	-	67	-	55	15	-	1,6
7	0,5	-	35	0,5	-	20	10	-
8	-	1,7	-	0,9	67	12	13	-
9	0,6	-	53	-	24	23	-	2,3
10	2	-	15	0,8	-	10	12	-

### Практическая работа № 13 Работа со справочником «Конденсаторы»

**Цель работы:** научиться определять маркировку и номиналы конденсаторов используя электронные справочники

#### Теоретическая часть

1. Маркировка конденсаторов состоит из буквенно-цифрового кода:
  - *Первый элемент (буквы и цифры)* обозначают тип конденсатора.
  - *Второй элемент (цифры и буквы)* обозначают рабочее напряжение.
  - *Третий элемент (цифры и буквы)* обозначают номинальную емкость конденсатора и единицу измерения.

p - пикофарады

n - нанофарады

μ - микрофарады

- *Четвертый элемент (цифры)* – допустимое отклонение от номинала в процентах или буквенный код, значение которого определяют по таблице 1

- *Пятый элемент (буква)-обозначает код ТКЕ, который определяют в соответствии с таблицей 2*

**Пример:** *K42 250В 0,1μ ± 5% Н* означает: конденсатор постоянной емкости, бумажный металлизированный, номинальная емкость 0,1 микрофарада, допустимое отклонение от номинала 5%; рабочее напряжение 250В; Н- код ТКЕ, который соответствует значению М33.

2. На малогабаритных конденсаторах первый и второй элементы не указывают.

**Пример:** *100p KV* означает: номинал – 100 пикофарад; К- кодированное значение допустимого отклонения, которое соответствует 10%; V- код ТКЕ, который соответствует значению М1300.

Таблица 1 Класс точности

Точность %	Кодированное обозначение
± 0,001	Е
± 0,002	L
± 0,005	R
± 0,01	P
± 0,02	U
± 0,05	X
± 0,1	В(Ж)
± 0,2	С(У)
± 0,5	D(Д)
± 1	F(Р)
± 2	G(Л)
± 5	J(И)
± 10	K(С)
± 20	M(В)

Таблица 2 Условное обозначение групп ТКЕ

Обознач. группы	Букв. код	Обознач. группы	Букв. код
П100	A	М220	R
П60	G	М330	S
П33	N	М470	T
МПО	C	М750	U
М33	H	М1300	V
М47	M	М1500	V
М75	L	М2200	K
М150	P	М3300	Y

3. В трехзначном коде – первые две цифры значащие, третья – последующее количество нулей (если 9, то делить на 10)

**Пример:** 102 = 10 + два нуля = 1000пФ; В четырехзначном коде – первые три цифры значащие, четвертая – количество последующих нулей (если 9, то делить на 10)

**Пример:** 3322=332+два нуля=33200пФ=33,2 нФ

### Практическая часть

#### Задание 1

Определить маркировку конденсаторов

№ варианта	1	2	3	4	5
Марки конденсаторов	<i>K41 2500В 20μ ± 10% M</i>	<i>K40 200В 1μ ± 10% H</i>	<i>K70 100В 0,1μ ± 5% P</i>	<i>K71 160В 1μ ± 2% M</i>	<i>K73 400В 1μ ± 20% H</i>
	<i>K21 160В 160p IC</i>	<i>K21 250В 560p IA</i>	<i>K22 35В 750p CC</i>	<i>K10 25В 3п BN</i>	<i>K10 50В 22p IM</i>
	<i>300p FR</i>	<i>30n GC</i>	<i>7μ JH</i>	<i>80n KM</i>	<i>3μ MR</i>

**Задание 2** Определить значение емкости, которое обозначается в соответствии с международными стандартами тремя или четырьмя цифрами (единицы измерения **всегда пикофарады**).

№ варианта	1	2	3	4	5
Марки конденсаторов	109	229	479	339	159
	150	220	470	330	680

	472	332	102	152	222
	333	683	153	473	103
	1622	4753	1231	3322	4563
	6541	2341	5212	2211	3322

### Задание 3 Заполните таблицу

Вариант	Марка конденсатора	Тип диэлектрика	Параметры конденсатора			
			Номин. емкость	Допуск	ТКЕ	Рабочее напряжение
1	КМ-3					
	КДО-2					
	К-21-7					
2	К10-47					
	К40-У					
	КСГ-1					
3	СГМ-1					
	КЛС-1					
	К53-6					
4	КПС-3					
	К73-9					
	К-15-4					
5	К22П					
	КТП-2					
	МБГТ					

Оформите отчет в электронном виде

### Контрольные вопросы

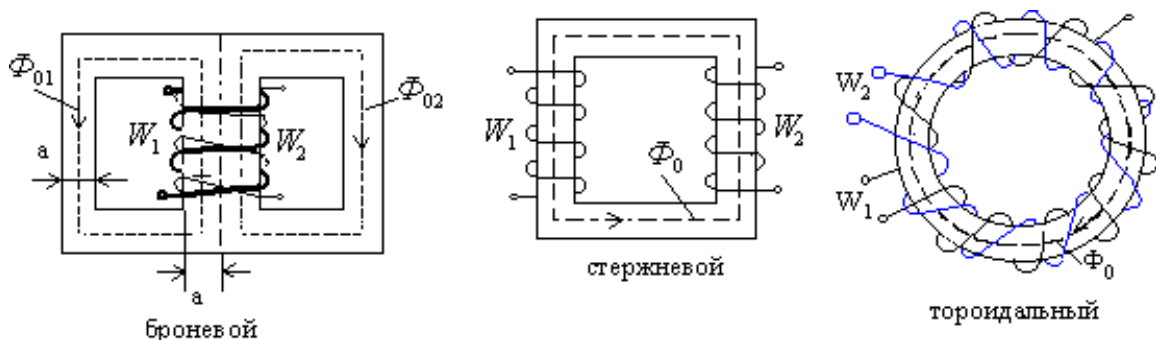
1. Классифицировать конденсаторы по типу диэлектрика.
2. Дать характеристику постоянных, переменных и подстроечных конденсаторов. Отметить их отличие, указать область применения переменных и подстроечных конденсаторов.

## Практическая работа № 17 Изучение конструкций трансформаторов

**Цель работы:** изучить практически конструкцию однофазного трансформатора и приобрести практические навыки проверки основных технических данных

### Теоретическая часть

#### Конструктивные особенности трансформатора



Однофазные трансформаторы классифицируются по типу магнитопровода на броневые, стержневые и тороидальные.

Броневые сердечники используются при мощности менее  $150\text{В}\cdot\text{А}$  и частота до  $8\text{ кГц}$ , стержневые при мощности от  $150$  до  $800\text{ [В}\cdot\text{А]}$  и частоте до  $8\text{ кГц}$ , тороидальные – при мощности  $250\text{ [В}\cdot\text{А]}$ , частоте свыше  $8\text{ кГц}$ .

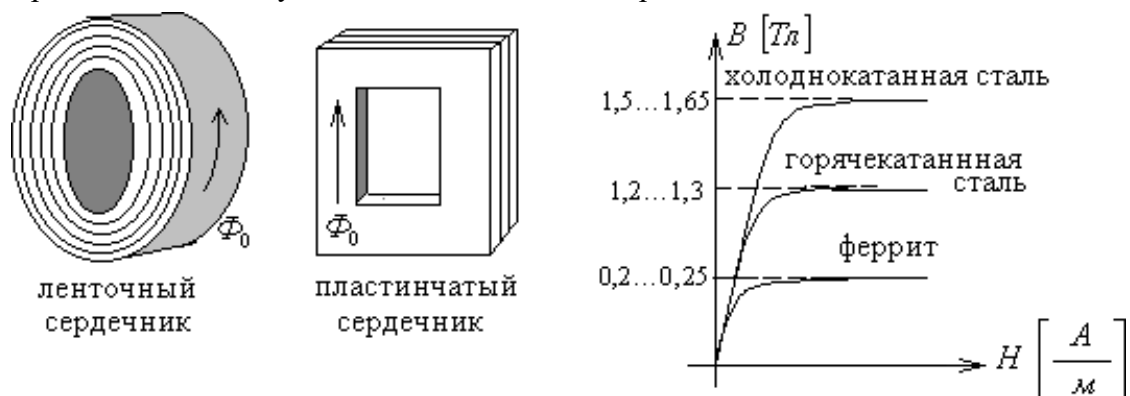
В броневом сердечнике трансформатора основной магнитный поток раздваивается, что приводит к увеличению потока рассеяния. Расположение обмоток на одном (среднем) стержне трансформатора улучшает их сцепление и защищает обмотки от механических воздействий и электромагнитных помех. Такая конструкция обладает наибольшим рассеиванием основного потока, используется при малых мощностях.

В стержневом поэтому сердечнике трансформатора для улучшения сцепления обмоток первичную и вторичную обмотки разводят по двум стержням и при намотке чередуют послойно. В такой конструкции поток рассеяния меньше, чем в броневом.

Тороидальная конструкция сердечника трансформатора обладает наименьшим потоком рассеяния, благодаря круговому движению силовой линии основного магнитного потока  $\Phi_0$  и хорошему сцеплению обмоток (из-за намотки по всему тороиду). Ограничение по мощности связано с плохим охлаждением обмоток и технологическими трудностями изготовления тороида. Поперечное сечение тороида и стержней приближается к округлой форме, что позволяет экономить материал сердечника.

Сердечники магнитопроводов изготавливаются в виде лент, пластин или прессуют из ферромагнитного порошка с добавлением кремния (небольшой процент, так как он придает хрупкость конструкции) для ограничения вихревых токов, перпендикулярных основному потоку. Низкочастотные трансформаторы выполняются из холоднокатанной (анизотропной, изотропной) стали, а также горячекатанной стали.

Холоднокатанная сталь обладает высокой магнитной проницаемостью и малыми удельными потерями на единицу веса, но является дорогостоящим металлом. В анизотропной



холоднокатанной стали направление проката

диктует направление силовой линии магнитного потока, потому что в перпендикулярном направлении ухудшаются магнитные свойства материала. Горячекатанная сталь более экономичная, но имеет более высокие удельные потери и более низкую магнитную проницаемостью. В высокочастотных трансформаторах в качестве материала сердечника используют следующее: феррит, пермаллой, альсифер. Альсифер используется для дросселей сглаживающих фильтров, т.к. имеется запас по намагниченности, пермаллой подвержен механическим воздействиям. Феррит обладает широким диапазоном рабочих частот, поэтому широко используется в импульсных трансформаторах.

Обмотки трансформатора изолируются друг от друга. В конструкции трансформатора они размещаются на каркасе и используется межвитковая, межслойная изоляция (лак, волокно, х/б нитки и.т.д.). Тип изоляции зависит от рабочей температуры. Провода для обмоток имеют прямоугольное или круглое сечение, прямоугольные используются при повышенных токах нагрузки. При проектировании трансформаторов вводится понятие плотноститока.

$$j = \frac{I_i}{S_{np}}$$

$$j = [2...8] \text{ А/мм}^2$$

Выбор плотности тока зависят от расположения обмотки на магнитопроводе и типа магнитопровода

### **Практическая часть**

Пользуясь специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, изучить конструкцию однофазных трансформаторов. Выполнить осмотр и измерения. Данные внести в таблицу.

Таблица 1

№ поз.	Технические данные	Един. измерения	Тр-р 1	Тр-р 2	Тр-р 3
1	Тип магнитопровода				
2	Способ прессования магнитопровода				
3	Сечение магнитопровода				
4	Тип конструкции катушек				
5	Количество обмоток				
6	Сопротивление первичной обмотки				
7	Сопротивление вторичной обмотки				

Изобразить схему включения однофазного трехобмоточного трансформатора.

Вывод:

### **Контрольные вопросы**

1. Что изменяет трансформатор?
2. Назначение силового трансформатора.
3. Назначение измерительного трансформатора
4. Можно ли понижающий трансформатор подключить как повышающий?
5. Может ли ток первичной или вторичной обмотки протекать по магнитопроводу?
6. Что произойдет при нарушении изоляции между листами шихтованного магнитопровода?

## **4.2 Промежуточная аттестация**

Условие выполнения промежуточной аттестации: формой промежуточной аттестации по дисциплине Материаловедение, электрорадиоматериалы и радиокомпоненты является экзамен.

Проверяемые результаты обучения: У1, У2, З1, З2, З3

### **Вопросы для экзамена**

Теоретические вопросы

1. Основы материаловедения – цели и задачи учебной дисциплины. Классификация материалов
2. Общие сведения о строении материалов.
3. Процесс кристаллизации металлов. Сплавы. Основные диаграммы состояния сплавов.
4. Основные свойства и характеристики электрорадиоматериалов.
5. Коррозия металлов и сплавов. Меры защиты от коррозии.
6. Термическая обработка и химико-термическая обработка сплавов
7. Проводниковые материалы, электрофизические свойства.
8. Медь и её сплавы. Свойства, основные марки, область применения.
9. Алюминий и его сплавы. Свойства, основные марки, область применения.
10. Материалы высокого сопротивления. Свойства, классификация, область применения.
11. Припой, флюсы, контактолы, виды, свойства, область применения.

12. Резисторы, назначение, основные параметры. Маркировка резисторов.
13. Материалы на подвижных контактах.
14. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
15. Электропроводность полупроводников.
16. Влияние внешних факторов на электропроводность полупроводников.
17. Излучение энергии в полупроводниках
18. Простые полупроводники.
19. Сложные полупроводники.
20. Полупроводниковые диоды, транзисторы.
21. Интегральные микросхемы. Основные особенности.
22. Поляризация диэлектриков. Виды поляризации.
23. Диэлектрические потери. Характеристики.
24. Электрическая прочность диэлектриков. Виды пробоя диэлектриков.
25. Полимеризационные синтетические материалы.
26. Поликонденсационные синтетические материалы.
27. Лаки, компаунды, эмали.
28. Слоистые пластики и фольгированные материалы.
29. Стекла.
30. Керамика
31. Сегнетоэлектрики
32. Пьезоэлектрики
33. Электеры
34. Классификация и конструкция конденсаторов
35. Основные разновидности конденсаторов
36. Физические процессы в магнитных материалах.
37. Магнитные свойства материалов.
38. Классификация магнитных материалов.
39. Магнитотвердые материалы.
40. Магнитомягкие материалы.
41. Ферриты, магнитодиэлектрики
42. Конструкции катушек индуктивности
43. Разновидности катушек индуктивности
44. Классификация трансформаторов
45. Магнитопроводы трансформаторов

#### Практические вопросы

1. Перечислите способы измерения твёрдости.
2. Маркировка сплавов цветных металлов
3. Перечислите основные конструкции резисторов. Чем отличаются переменные резисторы от подстроечных?
4. Каково предназначение резисторов в электрических схемах? На чём основан принцип действия резисторов? УГО резисторов.
5. Маркировка резисторов
6. Нарисуйте график зависимости сопротивления проводника от температуры. Объясните его.
7. Нарисуйте график зависимости сопротивления полупроводника от температуры. Объясните его.
8. УГО полупроводниковых приборов.
9. Маркировка полупроводниковых приборов
10. Расчет характеристик электроизоляционных материалов

11. Перечислите виды пробоя диэлектрика.
12. Конструкций конденсаторов
13. Система обозначений и маркировка конденсаторов.
14. УГО конденсаторов
15. На какие группы делятся вещества по реакции на магнитное поле?
16. Что называется температурой Кюри? Что называется гистерезисом?
17. Катушки индуктивности. Как индуктивность катушки индуктивности зависит от числа витков?
18. Для чего применяются сердечники в катушках индуктивности?

### **Критерии оценивания устного дифференциального зачета**

Развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

Критерии оценивания:

- 1) полноту и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) языковое оформление ответа.

**Оценка «5»** ставится, если:

- 1) студент полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

**Оценка «4»** – студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

**Оценка «3»** – студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

**Оценка «2»** ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

## **5 Информационное обеспечение обучения**

### **Перечень учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

Основные источники:

- 1 Журавлева, Л.В. Основы материаловедения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.В.Журавлева. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 288с.
- 2 Скопцова, Н.И. Основы электроматериаловедения. Практикум : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Н.И.Скопцова. - М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 112с.

Дополнительные источники:



- 1 Батиенков, В.Т. Материаловедение: учебник / В.Т. Батиенков, Г.Г. Сеферов, А.Л. Фоменко, Г.Г. Сеферов; под ред. В.Т. Батиенкова. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 151 с.
- 2 Черепашин А.А. Материаловедение: учебник / А.А. Черепашин. — М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. — 336 с.
- 3 Кирчанов В.С. К 43 Наноматериалы и нанотехнологии: учебное пособие / В.С.Кирчанов; Пермский нац. исслед. политех. ун-т. – Пермь. Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та 2016- 193 с.

#### Электронные ресурсы

- 1 Материаловедение. Технология конструкционных материалов // Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. –URL: [http://window.edu.ru/catalog?p\\_rubr=2.2.75.1](http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=2.2.75.1)
- 2 Электроника .Учебно-справочное пособие. [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <http://m-elek.h1n.ru/elektronic/help.html>
- 3 Сайт паяльник. Все для радиолюбителя – схемы, форум, программы, сервис [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <https://cxem.net>
- 4 Справочник по радиокомпонентам (ООО Радио-комплект). [Электронный ресурс] : [сайт]. – URL: <http://www.radio-komplekt.ru/handbook.php>