

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**Автономное профессиональное образовательное учреждение Удмуртской Республики
«Техникум радиоэлектроники и информационных технологий имени А.В. Воскресенского»**

**Практические работы
по дисциплине ОПД.03 «Основы материаловедения»**

Разработал
преподаватели:

Н.И. Круглова
Р.Р. Ахмадиев

Тема: Исследование удельного сопротивления электротехнических материалов.

Цель: научиться определять удельное сопротивление проводника, установить количественную зависимость электрического сопротивления от длины проводника:

Формируемые умения:

- использовать электроматериалы при выполнении монтажных работ

Оснащение: амперметр, вольтметр, лента измерительная, микрометр или штангенциркуль, источник тока, проволока из материала с большим удельным сопротивлением длиной 65–70 см и диаметром около 0,5 мм, металлические наконечники, ключ, соединительные провода.

Теоретические сведения:

Удельное электрическое сопротивление, или просто удельное сопротивление вещества — физическая величина, характеризующая способность вещества препятствовать прохождению электрического тока.

Удельное сопротивление обозначается греческой буквой ρ . Величина, обратная удельному сопротивлению, называется удельной проводимостью (удельной электропроводностью). В отличие от электрического сопротивления, являющегося свойством *проводника* и зависящего от его материала, формы и размеров, удельное электрическое сопротивление является свойством только *вещества*.

Электрическое сопротивление однородного проводника с удельным сопротивлением ρ , длиной l и площадью поперечного сечения S может быть рассчитано по формуле

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

(при этом предполагается, что ни площадь, ни форма поперечного сечения не меняются вдоль проводника). Соответственно, для ρ выполняется

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

Из последней формулы следует: физический смысл удельного сопротивления вещества заключается в том, что оно представляет собой сопротивление изготовленного из этого вещества однородного проводника единичной длины и с единичной площадью поперечного сечения.

Единица измерения удельного сопротивления в Международной системе единиц (СИ) — Ом·м. Из соотношения

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

следует, что единица измерения удельного сопротивления в системе СИ равна такому удельному сопротивлению вещества, при котором однородный проводник длиной 1 м с площадью поперечного сечения 1 м², изготовленный из этого вещества, имеет сопротивление, равное 1 Ом. Соответственно, удельное сопротивление произвольного вещества, выраженное в единицах СИ, численно равно сопротивлению участка электрической цепи, выполненного из данного вещества, длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м².

В технике также применяется устаревшая внесистемная единица Ом·мм²/м, равная 10⁻⁶ от 1 Ом·м. Данная единица равна такому удельному сопротивлению вещества, при котором однородный проводник длиной 1 м с площадью поперечного сечения 1 мм², изготовленный из этого вещества, имеет сопротивление, равное 1 Ом. Соответственно, удельное сопротивление какого-либо вещества, выраженное в этих единицах, численно равно сопротивлению участка электрической цепи, выполненного из данного вещества, длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм².

$$S = \frac{d^2}{4}$$

Площадь поперечного сечения образца проволоки можно рассчитать по формуле

Порядок выполнения работы:

1. Запишите исходные формулы для расчета удельного сопротивления проводника, заполнив пропуски:

$$S = \frac{\pi \cdot \dots}{4};$$

$$R = \rho \frac{\dots}{S};$$

$$I = \frac{\dots}{R}.$$

2. Получите *рабочую формулу* для расчета удельного сопротивления проводника, заполнив

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

пропуски:

3. Зарисуйте в тетради схему электрической цепи для измерения удельного сопротивления проводника.

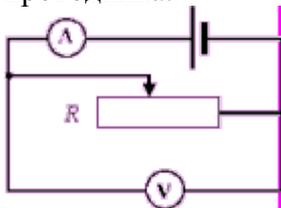


Рис.1 Схема электрической цепи.

4. Измерьте микрометром или штангенциркулем диаметр проволоки d , вычислите площадь поперечного сечения проволоки S .

5. Измерьте лентой длину проволоки l (между металлическими наконечниками).

6. Соберите цепь, соединив последовательно источник тока, проволоку, амперметр и ключ.

7. Параллельно проволоке подключите вольтметр.

8. Замкнув ключ, измерьте силу тока I в цепи и напряжение U на концах проволоки. Рассчитайте электрическое сопротивление R проволоки.

9. Вычислите удельное сопротивление по *рабочей формуле*.

10. Разомкните ключ, измените расстояние l между наконечниками и измерьте длину проволоки во второй раз.

11. Замкнув ключ, измерьте опять силу тока I в цепи и напряжение U на концах проволоки; вычислите сопротивление проволоки R и ее удельное сопротивление во второй раз.

12. Повторите п. 10, 11, проделав опыт в третий раз.

13. Рассчитайте среднее значение экспериментально полученных значений удельного

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

сопротивления по формуле:

14. По данным таблицы постройте график зависимости $R(l)$.

15. Сравните среднее экспериментальное значение удельного сопротивления проволоки с табличными данными, укажите, из какого материала изготовлена проволока, проанализируйте график зависимости $R(l)$, запишите вывод.

Контрольные вопросы.

1. Как классифицируют проводниковые материалы?
2. Что такое удельное сопротивление?
3. По какой формуле рассчитывается удельное сопротивление?
4. В каких единицах измеряется удельное сопротивление?
5. Релаксация.

Критерии оценки:

Оценка 5 – «отлично» выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 4 – «хорошо» выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы.

Оценка 3 – «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 2 – «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.

Практическая работа № 2 **Тема «Расшифровка обозначения марок сплавов цветных металлов»**

Цель работы: развитие умений классифицировать, расшифровывать и характеризовать область применения сплавов цветных металлов.

Оборудование: учебник А.А. Черепихина «Материаловедение», плакаты: «Область применения медных сплавов», «Свойства алюминиевых сплавов», «Область применения баббитов».

Содержание работы

Теоретическая часть

Классифицировать сплав – значит отнести его к соответствующему классу материалов по признакам:

- химическому составу,
- структуре,
- применению.

Расшифровывая марку сплава, необходимо дать его полное название и раскрыть содержание всех букв и цифр марки. Следует иметь в виду, что в ряде сплавов содержание компонентов прямо не указано в марке, но следует из принципов маркировки данного материала и должно быть отражено при расшифровке.

Характеризуя область применения сплава, можно сослаться на круг наиболее распространенных изделий из данного сплава. Необходимые для выполнения данного задания сведения содержатся в главе 2 учебника А.А. Черепихина «Материаловедение».

Сплавы на основе меди. Медные сплавы обладают высокими механическими свойствами, хорошо сопротивляются износу и коррозии. По составу легирования различают латуни, бронзы и медно-никелевые сплавы.

Традиционная маркировка имеет следующий вид. Латунни обозначаются буквой *Л*, бронзы – *Бр*. У латуни после буквы *Л* указываются буквенные обозначения легирующих компонентов, далее проставляется массовое процентное содержание меди, затем подряд – массовое процентное содержание легирующих компонентов, содержание цинка – остальное. Например: ЛМцЖ55-3-1 – латунь, медь- 55 %, марганец – 3 %, железо – 1 %, цинк – остальное. У бронзы после букв *Бр* указываются буквенные обозначения легирующих компонентов, далее подряд – массовое процентное содержание легирующих компонентов, содержание меди – остальное. Например: БрОЦС4-4-2,5 – бронза, олово – 4%, кремний – 2.5 %, остальное – медь.

Сплавы на основе титана. Титановые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью и прочностью при малой плотности. Наибольшее распространение получили сплавы, легированные алюминием, оловом, марганцем, хромом и ванадием. Сплавы широко используются в машиностроении, особенно в авиа- и судостроении.

Сплавы на основе алюминия. Для алюминиевых сплавов характерна относительно большая удельная прочность. *Литейные сплавы* имеют хорошие литейные свойства, хорошо обрабатываются резанием. Маркируют буквами *АЛ*, затем цифрами, указывающими порядковый номер сплава. *Деформируемые сплавы* обладают удовлетворительной пластичностью, высокой коррозионной стойкостью, в основном применяются для сварных и клепаных соединений элементов конструкций, испытывающих небольшие нагрузки, но требующих высокого сопротивления коррозии. Марки дюралюминиевых сплавов начинаются с буквы *Д*, за которой стоит цифра, обозначающая условный порядковый номер сплава. 23

Антифрикционные сплавы. Такие сплавы применяют для заливки подшипников скольжения. Применяются сплавы на основе олова или свинца (баббиты), меди, алюминия, цинка. Баббиты обозначаются буквой *Б*, далее ставится цифра, показывающая процентное содержание олова, или буква, характеризующая специальный элемент, входящий в сплав. Например: Б88 – сплав содержит 88 % олова, БТ – сплав содержит теллур, БК2 – основа свинец.

Задания для работы

Задание 1.

Из перечисленных ниже марок оловянных бронз укажите сначала

литейные, а затем деформируемые бронзы: БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-4, БрО10, БрОЦСНЗ-7-5-1, БрОФ10-1, БрОФ4-0,25, БрОЦС5-5-5, БрОФ6,5-0,4.

Для ответа необходимо учитывать влияние олова на механические свойства оловянных бронз, а также руководствоваться данными табл. 6 и 7. Укажите их химический состав.

Задание 2. Какой химический состав имеют следующие материалы: БрАЖ9-4, БрКМц3-1, БрБ2, БрМц5, БрС30, Л96, ЛС80-3, ЛЖМц59-1-1, ЛА77-2.

Задание 3. Из перечисленных марок металлических материалов выберите марки антифрикционных сплавов: БрС30, АК4, ШХ6, У7, Б83, Р18, БН, БСт5, БрОЦС5-5-5, АСЧ-1, Б16, ШХ15, БК, БСт6, БТ, Т15К6, ВТ14.

Задание 4. Какие из указанных марок литейных алюминиевых сплавов наиболее пригодны для производства отливок и почему: АЛ7, АЛ2, АЛ4, АЛ8, АЛ23, АЛ9, АЛ19?

Задание 5. Каков химический состав и назначение следующих марок латуней: Л68, ЛС59-1Л, ЛКС80-3-3, ЛАЖ60-1-1?

Таблица 6 – Бронзы оловянные литейные

Марка	Вид литья	Механические свойства			Примерное назначение
		σв, Мн/м ²	δ, %	НВ	
БрОЦСНЗ-7-5-1	В кокиль	210	5	60	Арматура, работающая в морской и пресной воде, маслах и других слабокоррозионных средах, антифрикционные детали
	В землю	180	8	60	
БрОЦС3-12-5	В кокиль	210	5	60	Арматура, работающая в пресной воде и парах под давлением до 25кг/см ² (может быть использована для антифрикционных деталей)
	В землю	180	8	60	
БрОЦС5-5-5	В кокиль	180	4	60	Антифрикционные детали
	В землю	150	6	60	
БрОЦС4-4-17	В землю	150	5	60	Антифрикционные детали
БрОЦС3,5-7-5	В кокиль	180	4	60	Антифрикционные детали
	В землю	150	6	60	

Таблица 7 – Бронзы оловянные деформируемые

Марка	Вид литья	Механические свойства			Примерное назначение
		σв, Мн/м ²	δ, %	НВ	
БрОЦС4-4-4	Мягкий	310	310	62	Ленты и полосы для прокладок во втулках и подшипниках
БрОФ7-0,2	Мягкий	360	360	75	Ленты, полосы, проволока для пружин, прутки, подшипниковые детали
БрОФ6,5-0,4	Мягкий	350	60	70	Проволока для металлических сеток в целлюлозно-бумажной промышленности
	Твердый	700	7,5	160	
БрОФ4-0,25	Мягкий	340	52	55	Трубки различных размеров, применяемые в производстве контрольно-измерительных приборов
	Твердый	600	8	100	

Практическая работа № 3

Тема «Маркировка чугунов. Подбор марок чугуна для изготовления деталей машин»

Цель работы: научиться расшифровывать и читать марки чугунов, подбирать марки чугунов для изготовления деталей

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с основными сведениями по теме работы
2. По индивидуальному заданию (табл.1) расшифровать марки чугунов, заполнить таблицу

Таблица 1

№ варианта	Марки сплавов для изучения			

Таблица 2

Результаты работы по классификации и маркировке чугунов

Марка материала	Наименование материала	Расшифровка материала	Назначение материала

3. Укажите процентное содержание углерода в чугуне?

Номера вариантов ответов				
1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
От 2,0 до	От 1,2 до 4,5%	От 3,0 до	От 1,5 до 4,5%	От 1,0 до 4,3%

6,67%		7,67%		
-------	--	-------	--	--

Контрольные вопросы

1. Что такое чугун и его характеристика?
2. Как классифицируются чугуны по состоянию углерода?
3. Что такое белый чугун, его характеристика и назначение?
4. Что такое серый чугун, его характеристика и назначение?
5. Что такое ковкий чугун, его характеристика и назначение?
6. Что такое высокопрочный чугун, его характеристика и назначение?
7. Как маркируются серые, высокопрочные и ковкие чугуны?
8. Виды легированных чугунов? Как маркируют легированные чугуны?

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАНЯТИЙ

Некоторые марки чугунов, применяемых в промышленности

№ варианта	Марки сплавов для изучения			
1	СЧ44-64;	ВЧ38-17	КЧ60-3	АЧС1
2	СЧ12-28	ВЧ42-12	КЧ30-6	АЧВ1
3	СЧ15-32	ВЧ45-5	КЧ63-2	АЧС2
4	СЧ18-36	ВЧ50-2	КЧ50-4	АЧВ2
5	СЧ21-40	ВЧ60-2	КЧ45-6	АЧС3
6	СЧ24-44;	ВЧ70-3	КЧ35-10	АЧК1
7	СЧ28-48;	ВЧ80-3	КЧ33-8	АЧК2
8	СЧ32-52;	ВЧ100-4	КЧ37-12	АЧВ1
9	СЧ36-56	ВЧ120-4	КЧ38-8	АЧС3
10	СЧ40-60	ВЧ35-22	КЧ56-4	АЧС1
11	СЧ15-32	ВЧ60-2	КЧ60-3	АЧВ2
12	СЧ32-52;	ВЧ42-12	КЧ65-3	АЧК1
13	СЧ12-28	ВЧ70-3	КЧ70-2	АЧС1
14	СЧ18-36	ВЧ50-2	КЧ80-1,5	АЧВ1
15	СЧ36-56	ВЧ60-2	КЧ30-6	АЧС3
16	СЧ32-52;	ВЧ45-5	КЧ63-2	АЧВ2
17	СЧ28-48;	ВЧ70-3	КЧ45-6	АЧВ1
18	СЧ40-60	ВЧ100-4	КЧ35-10	АЧС3
19	СЧ21-40	ВЧ120-4	КЧ33-8	АЧВ2
20	СЧ44-64;	ВЧ38-17	КЧ60-3	АЧС1
21	СЧ21-40	ВЧ60-2	КЧ45-6	АЧС3

22	СЧ40-60	ВЧ35-22	КЧ56-4	АЧС1
23	СЧ36-56	ВЧ60-2	КЧ30-6	АЧС3
24	СЧ32-52;	ВЧ42-12	КЧ65-3	АЧК1
25	СЧ44-64;	ВЧ38-17	КЧ60-3	АЧС1

Практическая работа № 4 Анализ применения твёрдых неорганических диэлектриков

Цель: закрепить знания по применению неорганических диэлектриков с учётом их свойств

Задание

1. Ознакомьтесь с учебным пособием.

2. Заполните таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование диэлектрика	Температура размягчения, градС	Плотность, г/м ³	Механические свойства	Твёрдость	Электрические свойства	Химические свойства	Применение
1	Стекло							
2	Ситаллы							

3. Укажите, какие компоненты используют в качестве исходных материалов для получения керамики. Приведите примеры.

4. Укажите, какую кристаллическую фазу желательно иметь для обеспечения высоких изоляционных свойств керамики.

5. Укажите, от каких факторов повышается электропроводность керамики.

6. Укажите свойства, которыми должны обладать керамические материалы.

7. Заполните таблицу 2.

Таблица 2

№п/п	Тип керамики	Свойства	Применение
1	Конденсаторная		
2	Высокочастотная конденсаторная		
3	Низкочастотная конденсаторная		
4	Установочная		
5	Высокочастотная установочная		
6	Шпинельно-фосфоритовая		
7	Цельзиановая		
8	Виллемитовая		
9	Стеатиновая		
10	Ультрафарфор		
11	Аллюмооксид		
12	Поликор		
13	Низкочастотная установочная		
14	Фарфор		
15	Радиофарфор		
16	Нитрид бора BN		

8. Укажите применение плёнок оксидов алюминия, тантала, титана, ниобия, кремния, германия.

9. Укажите, для какой цели оксидируют детали из меди и её сплавов.

10. Укажите, для какой цели применяю плёнки на основе оксидов алюминия, титана, циркония, бериллия в полупроводниковой технологии.

11. Перечислите свойства, которыми обладает слюда.

12. Укажите причину, при которой слюда теряет свои электрические и механические свойства.

13. Заполните таблицу 3.

Таблица 3

№п/п	Наименование разновидностей слюды	Свойства	Применение
1	Мусковит		
2	Флогопит		
3	Фторфлогопит		
4	Миканиты:		
	Коллекторный		
	Прокладочный		
	Формовочный		
	Гибкий		
	Жароупорный		
	Микафоллий		
5	Слюдиниты		
	Слюдокерамика		
	Прессмика		
	Микалекс		

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-12 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-11 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-10 с ошибками.

Практическая работа № 5 **Тема: Анализ применения конденсаторов**

Цель: закрепить знания по применению диэлектриков с учётом их свойств

Задание

1. Укажите виды конденсаторов по материалу диэлектрика .

2. Укажите, какие требования к конденсаторам должен обеспечивать материал диэлектрика.

3. Укажите основные параметры конденсаторов.

4. Заполните таблицу 1.

Таблица 1

№п/п	Тип конденсатора	Тип диэлектрика конденсатора	Свойства диэлектрика	Применение
1	Высокочастотные постоянной ёмкости			
	Керамические КЛГ и КЛС			
	Керамические КМ			
	Керамические трубчатые КТ			
	Слюдяные К21-7			
	Стеклокерамические К22-4			
2	Низкочастотные постоянной ёмкости			

	Бумажные			
	Металлобумажные			
2.1	Плёночные			
	Оксидные			
	Полистирольные К71-7			
	Фторопластовые К72-9			
	Поликарбонатные К77-1			
3	Электролитические			
	Алюминиевые К50-29			
	Танталовые К52-1Б			
4	Оксидно-полупроводниковые			
	Танталовые К53-6А			
	Ниобиевые К53-4			
5	Конденсаторы интегральных микросхем			
	В монокристалле ИС			
	Тонкоплёночные			

5.Опишите конструкцию конденсатора К53-4.

6.Охарактеризуйте диэлектрик конденсатора К53-4: толщину, удельное электрическое сопротивление, ТКЕ (стабильность ёмкости),электрическая прочность (Е пробоя), абсолютную диэлектрическую проницаемость.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-5 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 на 50%.

Практическая работа № 6

Тема: Анализ применения жидких и газообразных диэлектриков

Цель: закрепить знания по радиокомпонентам с учётом свойств материалов

Задание.

1.Заполните таблицу 1

Таблица 1

Наименование	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь	Электрическая прочность	Применение
Совол				
Гексол				
Этиленгликоль				
Трансформаторное масло				
Кабельное масло				
Конденсаторное масло				
Кремнеорганические жидкости				

2. Укажите физический смысл диэлектрических потерь у неполярных жидкостей, не содержащих примесей.
3. Укажите фактор, определяющий электрическую прочность жидких диэлектриков.
4. Заполните таблицу 2

Таблица 2

Наименование	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь	Электрическая прочность	Применение
Воздух				
Азот				
Гелий				
Аргон				
Шестифтористая сера				
Элегаз				
Фреон				

5. Укажите, как изменяется электрическая прочность при уменьшении расстояния между электродами.
6. Укажите, от каких факторов зависит пробивное напряжение газов в однородном электрическом поле.
7. Укажите, как изменяется пробивное напряжение газового промежутка при уменьшении частоты.
8. Укажите, как изменяется электрическая прочность газа при частоте тока выше 1000 0000 Гц.
9. Укажите основной недостаток газообразной электрической изоляции.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-9 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-9 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-9 на 50%.

Практическая работа № 7 Тема: «Свойства магнитных материалов»

Цель работы: научиться определять основные параметры магнитных материалов, научиться определять изменение магнитных свойств при повышении температуры.

Задание 1 (для нечетных вариантов).

Определить величину напряженности магнитного поля H , при которой индукция достигает насыщения (B_n), если величина относительной магнитной проницаемости равна μ . Данные для расчета взять из таблицы:

№ вар.	B_n Тл	μ	N %	Δt°	TK_b 1/°C
1					

Задание 1 (Для четных вариантов).

Определить величину индукции насыщения B_n , если известно, что насыщение наступает при величине напряженности магнитного поля, равного H . Магнитная проницаемость материала равна μ . Данные для расчета взять из таблицы:

№ вар.	H А/м	μ	N %	Δt°	TK_b 1/°C
2					

Для выполнения **задания 1** пользоваться формулой:

$$\mu_a = \frac{B}{H},$$

где B – магнитная индукция,

H – напряженность магнитного поля,

μ_a – абсолютная магнитная проницаемость.

Для определения μ_a воспользуйтесь формулой:

$$\mu = \frac{\mu_a}{\mu_o},$$

где μ – относительная магнитная проницаемость

μ_o – магнитная постоянная = **1, 257 мкГн/м.**

Задание 2 (для всех вариантов).

Определить величину остаточной магнитной индукции $B_{ост}$, если известно, что она на $N\%$ меньше индукции насыщения.

Задание 3 (для всех вариантов).

Определить на сколько и как изменится величина остаточной индукции ($\Delta B_{ост}$) при повышении температуры на Δt° .

$$\Delta B_{ост} = B_{ост}(t^\circ) - B_{ост}$$

При расчетах пользоваться формулой:

$$B_{ост}(t^\circ) = B_{ост} \times (1 + TK_b \times \Delta t^\circ),$$

Где TK_b – температурный коэффициент остаточной магнитной индукции.

Задание 4. По имеющимся данным построить кривую перемагничивания в осях координат:

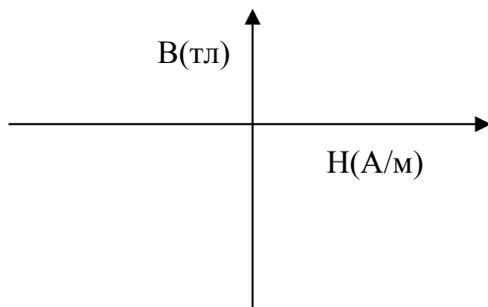


График строить в масштабе в соответствии с вашими данными.

На графике обозначить величины:

- Индукцию насыщения B_n ;
- Остаточную индукцию $B_{ост}$;
- Коэрцитивную силу H_c .

По результатам работы **сделать вывод** и указать, какие факторы влияют на изменение магнитных характеристик.

Практическая работа № 8 Тема: «Анализ свойств и строения материалов»

Цель работы: изучить основные свойства материалов, их зависимость от строения.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретическими положениями.
2. Выполните задание преподавателя.
3. Составьте отчет в соответствии с заданием.

Теоретическая часть

Радиоматериалы это специально подобранные материалы, из которых изготавливают радиодетали и узлы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Рациональный подбор материалов должен обеспечивать высокую стабильность работы (РЭА).

Применяемые в РЭА материалы по электрическим свойствам делятся на **диэлектрики**, **полупроводники** и **проводники**, по магнитным – на **слабوماгнитные** и **сильномагнитные** материалы.

В отличие от обычных конструкционных материалов (древесина, сталь и другие) радиоматериалы в радиоаппаратуре и электронных устройствах находятся под воздействием постоянных и переменных электромагнитных полей.

Так диэлектрики могут находиться под воздействием высокого напряжения постоянного и переменного токов. Это вызывает особое напряженное состояние диэлектрика. Если электрическое напряжение превысит предел его электрической прочности, то произойдет (пробой) разрушение диэлектрика, что может вызвать выход из работы радиодетали или всего радиоаппарата.

В современных условиях для создания новой радиоаппаратуры необходимы новые материалы и новые технологии получения диэлектриков, проводников, полупроводников, магнетиков.

Выбор материала определяется его электрическими, механическими, магнитными, тепловыми и физико-химическими свойствами.

Проводники – это металлы, с высокой электропроводностью. Полупроводники обладают меньшей электропроводностью, т.к. меньше у них свободных электронов. Под влиянием нагрева, облучения их число увеличивается.

Диэлектрики имеют очень низкую электропроводность, т.к. у них мало электронов и ионов, и используются в электронной аппаратуре в качестве изоляторов. Проводимость диэлектриков появляется при приложении к ним большого напряжения или в условиях нагрева.

Магнитные материалы – вещества, которые намагничиваются под действием внешнего магнитного поля.

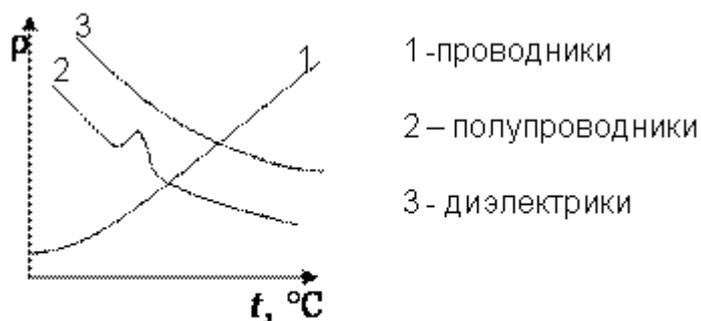
Электрические характеристики радиоматериалов

1) **Удельное электрическое сопротивление** – это характеристика электропроводности ρ (Ом·м) или (Ом·см). Для оценки большой электропроводности (Cu, Al и др.) применяют еще меньшую единицу - Ом·мм²/м.

Соотношение между единицами измерения удельного сопротивления

$$1 \text{ Ом}\cdot\text{см} = 10\,000 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м} \text{ (или } 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}) = 0,01 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

ρ любого материала зависит от температуры.



Зависимость удельного сопротивления материала от температуры

В проводниках с ростом температуры растет интенсивность колебаний атомов в узлах кристаллической решетки, что мешает направленному перемещению электронов и приводит к росту удельного сопротивления ρ .

У полупроводников и диэлектриков с ростом температуры общее и удельное сопротивление уменьшается, что объясняется увеличением кинетической энергии носителей электрических зарядов, приводящей к росту концентрации носителей зарядов в соответствующих зонах.

2) **Температурный коэффициент удельного сопротивления** TK_ρ – величина, позволяющая учитывать скорость изменения удельного электрического сопротивления в зависимости от температуры.

При 60° - 80 °С, ТКр определяется по формуле:

$$\text{ТКр} = \frac{\rho_{t_2} - \rho_{t_1}}{\rho_{t_1}} \cdot \frac{1}{t_2 - t_1}, \quad \frac{1}{\text{град}}$$

ρ_{t_1} – удельное сопротивление при t_1 ;

ρ_{t_2} – удельное сопротивление при t_2 .

Поскольку у проводников с ростом температуры удельное сопротивление возрастает, их $\text{ТКр} > 0$.

У полупроводников и диэлектриков $\text{ТКр} < 0$, т.к. удельное сопротивление с ростом температуры уменьшается.

ТКр можно заменить температурным коэффициентом сопротивления α .

Если известно ρ_1 при t_1 , то можно подсчитать ρ_2 :

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + \alpha_{t_1}(t_2 - t_1)], \quad \text{Ом}\cdot\text{см}$$

По величине электропроводности все радиоматериалы делятся на:

- проводники $\rho = 10^{-6} \div 10^{-3} \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\text{ТКр} > 0$
- полупроводники $\rho = 10^{-4} \div 10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\text{ТКр} < 0$
- диэлектрики $\rho = 10^{10} \div 10^{20} \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\text{ТКр} < 0$

Наименьшей электропроводностью обладают диэлектрики, наибольшей – проводники.

У твердых диэлектриков существуют токи объемной i_v и поверхностной i_s проводимости, поэтому экспериментально определяют удельное объемное сопротивление ρ_v и удельное поверхностное сопротивление ρ_s .

ρ_v – характеризует свойство диэлектрика проводить ток через свой объем; а ρ_s – по поверхности. У них $\rho_v = 10^{15} \div 10^{18} \text{ Ом}\cdot\text{см}$; $\rho_s = 10^{13} \div 10^{16} \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

У проводников и полупроводников вследствие их большой способности проводить ток, разделить токи объемной и поверхностной электропроводности невозможно. Поэтому у них определяют величину общего удельного сопротивления ρ .

3) **Удельная проводимость** γ – есть величина, обратная удельному сопротивлению:

$$\gamma = 1/\rho, \quad \text{Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$$

У твердых диэлектриков различают удельную объемную проводимость

$$\gamma_v = 1/\rho_v, \quad \text{Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1} \text{ и удельную поверхностную } \gamma_s = 1/\rho_s, \quad \text{См (сименс)} [1 \text{ См} = 1 \text{ Ом}^{-1}].$$

Удельная проводимость показывает степень электропроводности материала. Так у проводников $\gamma = 10^3 \div 10^6 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$, у полупроводников $\gamma = 10^{-10} \div 10^{-4} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$, у диэлектриков удельные электропроводности чрезвычайно малы: $\gamma_v = 10^{-10} \div 10^{-18} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$, $\gamma_s = 10^{-10} \div 10^{-16} \text{ См}$.

Диэлектрики поэтому используют для изоляции частей радиоустройств.

4) **Диэлектрическая проницаемость** ϵ – позволяет оценить способность диэлектрика или полупроводника образовывать электрическую емкость (конденсатор) C .

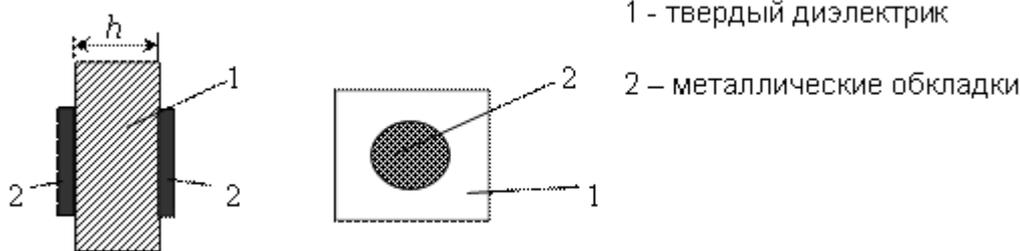


Схема плоского конденсатора

Известно, что емкость C (в фарадах - Ф) плоского конденсатора заданных размеров прямо пропорциональна диэлектрической проницаемости ϵ применяемого в нем диэлектрика:

$$C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{h}$$

где

ϵ – диэлектрическая проницаемость (безразмерная величина);

S – площадь металлической обкладки (одной), м^2 ;

h – толщина диэлектрика, м.

5) **Абсолютная диэлектрическая проницаемость** ϵ_a .

$$\epsilon_a = \epsilon_0 \cdot \epsilon, \quad \text{Ф/м (фарада/метр)},$$

где $\epsilon_0 = 8,85416 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная,
 ϵ – диэлектрическая проницаемость.

Величину емкости плоского конденсатора можно выразить через абсолютную диэлектрическую проницаемость:

$$C = \frac{\epsilon_a S}{h}, \quad \Phi$$

Отсюда следует, что диэлектрическая проницаемость – величина, определяющая способность материала образовывать электрическую емкость. Наименьшей диэлектрической проницаемостью ϵ обладает вакуум ($\epsilon = 1$), $\epsilon_{\text{воздуха}} = 1,00058$. ϵ больше у жидких и твердых диэлектриков и $\epsilon = 2 \div 9$.

У некоторых твердых диэлектриков, называемых сегнетоэлектриками, $\epsilon = 1500 \div 7500$. Это позволяет изготавливать из них электрические конденсаторы очень малых размеров.

б) **Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости** ТК ϵ – электрическая характеристика, применяемая для оценки скорости изменения ϵ от температуры радиоматериалов.

$$\text{ТК}\epsilon = \frac{1}{\epsilon_1} \cdot \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{t_2 - t_1}; \quad 1/\text{град}$$

где - ϵ_1 – диэлектрическая проницаемость при t_1 ;

ϵ_2 – диэлектрическая проницаемость при t_2 .

Знак ТК ϵ указывает на возрастание или убывание диэлектрической проницаемости. ТК ϵ показывает, с какой скоростью возрастает или убывает диэлектрическая проницаемость, а следовательно, величина емкости, образуемой диэлектриком или полупроводником.

7) **Электрическая прочность** $E_{\text{пр}}$ – представляет собой напряженность электрического поля, при которой наступает пробой диэлектрика или полупроводника $E_{\text{пр}} = U_{\text{пр}}/h$, (В/м), где $U_{\text{пр}}$ – электрическое напряжение (В), при котором произошел пробой образца диэлектрика; h – толщина образца диэлектрика в месте пробоя (м).

Механические характеристики радиоматериалов

1. **Предел прочности при растяжении** σ_p

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0}, \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

где - P_p – разрушающее усилие при растяжении (разрыве) образца материала, Н (ньютон);

S_0 – площадь сечения образца материала до разрушения, м^2 .

2. **Относительное удлинение при растяжении** - e_p .

$$e_p = \frac{l_p - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

где l_0 и l_p – длины образца материала до и после растяжения, мм.

Относительное удлинение материала при растяжении позволяет оценить эластичность материала.

Так, резины $e_p = 250 \div 300$ %, у металлических проводников $e_p = 15 \div 50$ %, у пластмасс $e_p = 2 \div 5$ %.

3. **Предел прочности при сжатии** – σ_c

$$\sigma_c = \frac{P_c}{S_0}, \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

где - P_c – разрушающее усилие при сжатии материала, Н;

S_0 – площадь поперечного сечения образца, м^2

Для измерения σ_c образец помещают между плитами пресса и сжимают с определенной скоростью роста механического напряжения до разрушения.

4. **Ударная вязкость** a – предел прочности при ударном изгибе,

$$a = \frac{\Delta A}{S_0} = \frac{\Delta A}{b \cdot h}, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$$

где - ΔA – работа в Дж, затраченная на разрушение образца материала шириной b и толщиной h , то есть площадью поперечного сечением S_0 в m^2 .

a – позволяет судить о хрупкости материала.

Чем меньше a , тем материал более хрупкий. Так у радиокерамических материалов, отличающихся высокой хрупкостью, $a = 1,8 \div 4,5$ кДж/ m^2 , а у стеклотестолитов с меньшей хрупкостью $a = 100 \div 150$ кДж/ m^2 .

Тепловые характеристики радиоматериалов

Многие радиоматериалы, особенно органические диэлектрики, очень чувствительны к высоким и низким температурам. Для описания тепловых свойств радиоматериалов используются:

· **Температура плавления** $t_{пл}(^{\circ}C)$ или $T_{пл}(K)$ – температура перехода из твердого состояния в жидкое у кристаллических материалов, (металлов, полупроводников, диэлектриков).

· **Температура размягчения** $t_p(^{\circ}C)$ или $T_p(K)$ – условная температура перехода (размягчения) из твердого состояния в жидкое определяется у аморфных материалов.

· **Температурный коэффициент линейного расширения $TKLP$** – коэффициент равный относительному изменению длины материала при изменении температуры на один градус

$$TKLP = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot \frac{1}{t_1 - t_0}, \quad \frac{1}{град}$$

где - l_0 и l_1 – длины материала при t_0 и t_1 .

Знание $TKLP$ имеет большое практическое значение при герметизации узлов радиоаппаратуры. Нельзя соединять детали с резко отличающимися $TKLP$. Наименьшее $TKLP$ у кварцевого стекла ($5,5 \cdot 10^{-7} 1/^{\circ}C$), большие $TKLP$ имеют ртуть $182 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}C$, полиэтилен - $145 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}C$.

· **Коэффициент теплопроводности λ** – позволяет оценить способность материала проводить тепло от более нагретой поверхности к менее нагретой. Это свойство материала называется **теплопроводностью**.

$$\lambda = \frac{Q \cdot h}{S \cdot (T_2 - T_1) \cdot \tau}, \quad \frac{Вт}{м \cdot К}$$

где - Q – количество тепла, проходящее за время t (с) через стенку материала площадью S (m^2) и толщиной h (м); $T_2 - T_1$ – разность температур поверхностей образца.

Наибольшая теплопроводность λ у металлов, 350, 440 Вт/(м·К). Значительно меньше у органических диэлектриков – 0,12, 0,28 Вт/(м·К).

· **Теплостойкость** – определяется у органических полимерных диэлектриков. Позволяет оценить стойкость материала к нагреву при одновременном воздействии на материал изгибающей механической нагрузки. У полистирола теплостойкость – 75, 80 $^{\circ}C$, у гетинакса – 150, 170 $^{\circ}C$. При превышении этих температур, радиодетали начинают испытывать деформации.

· **Нагревостойкость** – способность диэлектрика длительно выдерживать предельно допустимую температуру без изменения механических, электрических и других характеристик. Существует 7 классов нагревостойкости электроизоляционных материалов.

· **Холодостойкость** – оценивается стойкостью материалов к низким температурам. Малой стойкостью материалов к низким температурам обладают полимерные органические диэлектрики, резины, компаунды и др. При (- 50 $^{\circ}C$) и ниже они теряют эластичность, растрескиваются.

Физико – химические характеристики радиоматериалов

· **Водопоглощаемость ω** – оценивает свойство материала противостоять проникновению в него воды. Образцы диэлектрика взвешивают сухими, погружают в дистиллированную воду при 20 $^{\circ}C$ на 24, 48 и более часов, а затем вынимают и взвешивают.

$$\omega = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \cdot 100\%$$

где - G_1 – масса образца в исходном состоянии (г); G_2 – масса образца после пребывания в воде (г).

· **Гигроскопичность J** – характеристика, позволяющая оценить способность материала противостоять проникновению в него паров воды (тумана):

$$J = \frac{G_3 - G_0}{G_0} \cdot 100\%$$

где - G_0 – масса абсолютно сухого образца (г); G_3 – масса после пребывания во влажной камере 24, 48 и более часов.

Чем больше гигроскопичность, тем ниже электрические характеристики.

· **Тропическая стойкость** (тропикостойкость) - стойкость к атмосферным воздействиям в странах с тропическим климатом (Индия, Цейлон и др.).

В условиях влажного тропического климата радиоматериалы подвергаются воздействию:

- высокой температуры (45 - 55°C);
- резких перепадов температуры в течение суток;
- высокой влажности воздуха;
- солнечной радиации;
- воздуха, содержащего соли и пыль;
- плесневые грибки, повреждающие многие органические радиоматериалы;
- насекомые, повреждающие органические диэлектрики.

Наиболее стойкими являются радиоматериалы неорганического происхождения: радиокерамика, ситаллы, фторорганические и кремнийорганические полимерные диэлектрики.

· **Радиационная стойкость** – позволяет оценить стойкость радиоматериалов к воздействию ионизирующих излучений: α -, β -, γ -лучей, потоков нейтронов и др.

Эти излучения вызывают структурные изменения в диэлектриках органического и неорганического происхождения, а также в полупроводниках и даже в проводниках. В результате изменяются первоначальные свойства и характеристики материала, возможно даже разрушение некоторых органических диэлектриков. Небольшие дозы облучения у некоторых диэлектриков (полиэтилен, полипропилен) улучшают их структуру и основные характеристики.

Практическая часть

Содержание отчета.

1. Укажите название работы, ее цель.
2. Изобразите графически строение материалов.
3. Распишите свойства присущие аморфным материалам.
4. Распишите свойства присущие кристаллическим материалам.
5. Укажите свойства присущие обоим группам материалов.
6. Рефлексия

Практическая работа № 9

Тема: Анализ электропроводности полупроводниковых материалов

Цель: Изучить и проанализировать электропроводность полупроводниковых материалов.

Формируемые умения:

- использовать электроматериалы при выполнении монтажных работ

Теоретические сведения:

Для полупроводниковых материалов характерна зависимость электропроводности от внешних факторов. В частности имеет место ярко выраженная зависимость электропроводности от температуры. Для полупроводников, не имеющих примесей, электропроводность обусловлена собственными подвижными носителями заряда. Этими носителями заряда являются свободные электроны в зоне проводимости и дырки в валентной зоне. Электроны и дырки образуются парами за счет перехода электронов через запрещенную зону шириной ΔE из валентной зоны в зону проводимости за счет теплового движения. Число свободных n электронов в единице объема для собственного полупроводника определяется соотношением величины заряда. Эта зависимость носит экспоненциальный характер и число носителей заряда быстро растет с ростом температуры. Удельная проводимость полупроводников помимо концентрации определяется также подвижностью носителей заряда и величиной заряда электрона. В свою очередь, подвижность определяется как отношение скорости направленного движения носителей к напряженности поля. Подвижность зависит от температуры в гораздо меньшей степени, чем концентрация.

Для изготовления полупроводниковых приборов применяют примесные полупроводники. Примеси, вводимые в полупроводник в очень малых количествах заметно влияют на величину и характер электропроводности полупроводника. Энергетические уровни валентных электронов за

счет наличия примеси могут располагаться внутри запрещенной зоны вблизи дна зоны проводимости (рис.). В этом случае для перехода в зону проводимости примесные электроны должны преодолеть не всю ширину запрещенной зоны (составляющую для полупроводников от десятых долей электронвольта до 3-5 эВ), а барьер (энергетическое расстояние от примесного уровня до дна зоны проводимости, составляющая несколько сотых долей электронвольта). Такие примесные уровни называются донорными (отдающими электроны в зону проводимости), а сами примесные атомы – донорами.

Для других типов примеси примесные уровни располагаются вблизи потолка валентной зоны. Вследствие тепловых колебаний валентные электроны попадают на примесный уровень. Примесный атом захватывает электрон, в валентной зоне образуется вакансия – положительно заряженная дырка. Примесная проводимость в этом случае обусловлена движением дырок в валентной зоне. Такого рода примеси называются акцепторными. Полупроводники с донорными примесями, в которых преобладает электронная проводимость, являются полупроводниками n-типа. Полупроводники с акцепторными примесями, у которых преобладает дырочная проводимость, называют полупроводниками p-типа. При низких температурах имеет место в основном примесная проводимость. При увеличении температуры до некоторого значения примесная проводимость растет за счет ионизации атомов примеси. При более высоких температурах на некотором интервале наблюдается некоторое уменьшение проводимости. В этом температурном интервале число примесных носителей заряда достигает насыщения (все атомы примеси ионизированы отдали или приняли электроны в зависимости от того какая примесь – донорная или акцепторная), а их подвижность уменьшается вследствие рассеяния на тепловых колебаниях атомов. Собственная проводимость, обусловленная ионизацией собственных атомов полупроводника, проявляется лишь при больших температурах.

Практическая часть.

Содержание отчета:

1. Укажите название работы, ее цель.
2. Опишите физические основы и характерные черты явления электропроводности полупроводников.
3. Укажите влияние температуры на электропроводность полупроводников.
4. Укажите донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
5. Составьте таблицу влияния примесей на электропроводность полупроводников
6. Релаксация.

Критерии оценки:

Оценка 5 – «отлично» выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 4 – «хорошо» выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы.

Оценка 3 – «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 2 – «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.

Практическая работа № 10

Тема: Анализ классификации полупроводниковых материалов

Цель: изучить классификацию полупроводниковых материалов; возможность использования полупроводников в радиоэлектронике;

Теоретические сведения:

Полупроводниковый материал — материал, предназначенный для использования его полупроводниковых свойств.

Полупроводниковые материалы могут быть разделены на три группы:

- простые полупроводники — химические элементы, которыми являются В—бор, Si— кремний, Ge — германий, P — фосфор, As — мышьяк, S — сера, Sb — сурьма, Te — теллур, I — йод, Se — селен;
- полупроводниковые химические соединения типа: $a^{IV}b^{IV}$ - SiC и др, $A^{III}B^V$ – InSb, GaAs и др., $A^{II}B^{VI}$ – CdS, ZnSe и др.; оксиды — Cu₂O, TiO₂ и др.;
- многофазные полупроводниковые материалы с полупроводящей или проводящей фазой из карбида кремния, графита и т.д.

Полупроводники представляют собой весьма многочисленный класс материалов. В него входят сотни самых разнообразных веществ: как элементов, так и химических соединений. Полупроводниковыми свойствами могут обладать как неорганические, так и органические вещества, кристаллические и аморфные, твердые и жидкие, немагнитные и магнитные. Несмотря на существенные различия в строении и химическом составе материалы этого класса роднит одно замечательное качество — способность сильно изменять свои электрические свойства под влиянием небольших внешних энергетических воздействий.

Основу современной электроники составляют неорганические кристаллические полупроводники. Полупроводниковые свойства проявляют 12 химических элементов, находящихся в средней части Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Значения ширины запрещенной зоны элементарных полупроводников указаны в табл.1. Расположив элементы в порядке их следования в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева, можно выявить некоторые закономерности в изменении ширины запрещенной зоны: она возрастает при переходе от элемента к элементу слева направо, но уменьшается в каждой группе при движении сверху вниз. Значения ДЭ хорошо коррелируют с температурой плавления материалов, поскольку обе эти величины определяются энергией связи атомов в кристаллической решетке.

Полупроводниковыми свойствами обладают и некоторые модификации олова и углерода. Последний существует в двух аллотропных формах: алмаз и графит. Графит по электрическим свойствам близок к проводникам ($DЭ < 0,1$ эВ), а чистые алмазы являются диэлектриками. Однако искусственные алмазы под влиянием вводимых примесей приобретают свойства полупроводников.

Олово в нормальных условиях является хорошим проводником (белое олово, или β -модификация), но при температуре ниже 13,2 °С оно переходит в полупроводниковую α -модификацию (серое олово), обладающую структурой алмаза.

Среди всех элементарных веществ достойное место в полупроводниковой технике занимают лишь кремний и германий.

Полупроводниковые неорганические соединения могут состоять из двух, трех и большего числа элементов. В качестве примера таких соединений можно привести InSb, Bi₂Te₃, ZnSiAs₂, CuGe₂P₃. Кристаллическая структура многих соединений характеризуется тетраэдрической координацией атомов, как это имеет место в решетке алмаза. Такие полупроводниковые соединения получили название *алмазоподобных полупроводников*. Среди них наибольший научный и практический интерес представляют бинарные соединения типа $A^{III}B^V$, $A^{I\wedge\wedge}$ и $A^{\wedge}B^{14}$, которые в настоящее время являются важнейшими материалами полупроводниковой оптоэлектроники.

Большинство алмазоподобных полупроводников с родственными свойствами образуют между собой изовалентные твердые растворы. В твердых растворах путем изменения состава можно плавно и в достаточно широких пределах управлять важнейшими свойствами полупроводников, в частности шириной запрещенной зоны и подвижностью носителей заряда. Это открывает дополнительные возможности для оптимизации параметров полупроводниковых приборов, позволяет добиться лучшего согласования физических характеристик различных компонентов электронной аппаратуры.

Для изготовления полупроводниковых приборов используются как монокристаллические, так и поликристаллические материалы. Монокристаллические представляют собой более простые системы, с более совершенным строением, чем поликристаллические материалы. Они наиболее глубоко изучены, физические явления в них лучше поддаются математическому моделированию, и они обеспечивают большую надежность и идентичность параметров полупроводниковых приборов.

Свойства аморфных, органических и магнитных полупроводников изучены пока недостаточно, хотя практическая значимость этих веществ непрерывно возрастает. Аморфные

полупроводники относятся к классу неупорядоченных систем. По способу получения их принято подразделять на две группы.

Первую группу составляют аморфные полупроводники с ковалентными связями, причем это могут быть как элементарные вещества (аморфные кремний, германий, теллур, селен и др.), так и простейшие бинарные композиции (например, SiC, GaAs, CdS и т.п.). Как правило, их получают путем неравновесной конденсации из газовой фазы. Безусловным лидером среди этой группы материалов является гидрогенизированный аморфный кремний, интерес к которому обусловлен прежде всего возможностями создания на его основе самых дешевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии (солнечных батарей).

Вторую группу представляют стеклообразные полупроводники, получаемые переохлаждением расплава. Их подразделяют на халькогенидные и оксидные материалы. Халькогенидные стекла синтезируют сплавлением халькогенов с элементами III, IV и V групп Периодической системы элементов Д. И. Менделеева (например, As₄₀S₆₀, GeS₂, Tl₂Se и др.). Оксидные полупроводниковые стекла имеют сложный многоэлементный состав, который можно выразить обобщенной формулой вида V₂O₅—P₂O₅—MeO[^], где Me — металл I...IV групп Периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

Полупроводниковые стекла обладают рядом интересных свойств, определяющих их практическое применение. В частности, они могут переходить из высокоомного состояния в низкоомное под влиянием электрического поля (эффект электрического переключения), что позволяет использовать их в качестве пороговых переключателей и элементов памяти. Халькогенидные стекла обладают хорошей прозрачностью для ИК-излучения, обладают внутренним фотоэффектом. Поэтому их применяют как фоточувствительную среду для оптической записи информации и как материал для световодов и мишеней видеоконв (телевизионный передающий электронно-лучевой прибор). Оксидные стеклообразные полупроводники используются при создании датчиков температуры и давления.

В механизме электропроводности аморфных неорганических и кристаллических органических полупроводников выявлен ряд общих закономерностей. Интерес к органическим полупроводникам отчасти вызван тем, что в некоторых из них полупроводниковые свойства сочетаются с эластичностью, которая позволяет изготавливать рабочие элементы в виде гибких лент и волокон. В противоположность аморфным полупроводникам многие органические полупроводники имеют слоистую структуру. Наиболее исследованными органическими полупроводниками являются ароматические углеводороды, такие как нафталин, антрацен, тетрацен и др. Они представляют собой производные бензола и могут быть получены в виде монокристаллов, которые отличаются низкой симметрией.

Из элементов V группы при определенных условиях п/п свойства проявляют P, As, Sb. Однако п/п модификации этих элементов малодоступны, но они являются важнейшими п/п образующими (GaAs, AlP, InSb). Из элементов VI группа – Se, Te. Se является важнейшим п/п материалом, п/п образующим элементом, на основе которого получают селениды металлов. Те самостоятельного применения не имеет, но теллуриды широко применяются в качестве п/п материалов. S(сера) – изолятор, хотя она обладает сильно выраженной фотопроводимостью. S является основой сульфидов (Ag, Cd, Pb). В группе S-Se-Te с увеличением порядкового номера ΔE уменьшается. III В – единственный элементарный п/п, который не применяется: высокая температура плавления, значительная ΔE = 1.58 эВ, распространенность в природе (в 10 раз > Ge); недостаток – трудность получения в высокой степени чистоты монокристаллов.

Порядок выполнения работы:

1. Запишите тему и цель работы.
2. Изучите теоретический материал по предложенной теме.
3. Укажите принцип классификации материалов.
4. Составьте сравнительную таблицу полупроводников.
5. Релаксация.

Критерии оценки:

Оценка 5 – «отлично» выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 4 – «хорошо» выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы.

Оценка 3 – «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 2 – «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.

Практическая работа №11

**Сравнительный анализ твёрдых проводниковых материалов:
алюминия и меди по электрическим, механическим, тепловым характеристикам, способу
получения, весу, содержанию в природе и др.**

Цель: закрепить знания по радиокомпонентам с учётом свойств материалов

Инструкция: письменно выполните следующие задания

1. Указать достоинства и недостатки алюминия в сравнении с медью (минимум 16).
2. Указать сплавы алюминия.
3. Указать применение алюминия и его сплавов (минимум 5).
4. Указать инструмент для пайки и типы флюсов.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-4 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-4 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-4 на 50%.

Практическая работа №12

Тема: Анализ классификации проводниковых материалов

Цель: ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

Задание:

1. Ознакомиться с заданием и раздаточным материалом (таблица характеристик).
2. Записать определение и физический смысл основного свойства проводниковых материалов - электропроводность.
3. Заполнить таблицу классификации проводниковых материалов по удельному электрическому сопротивлению (ρ) и удельной проводимости (γ).
4. Пронумеровать материалы в порядке увеличения удельного электрического сопротивления.
5. Пронумеровать материалы в порядке увеличения удельной электрической проводимости.
6. Проанализировать п.3 и п.4. Записать вывод. В выводе указать самый лучший материал по удельному электрическому сопротивлению и самый лучший материал по удельной электрической проводимости.

№п/п	Наименование материала	ρ , Ом * м	№ по увелич ρ	№ по увелич γ	γ , см/м
1	Бронза				
2	Алюминий				
3	Латунь				
4	Серебро				
5	Медь				
6	Константан				
7	Нихром				

8	Манганин				
---	----------	--	--	--	--

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-5 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 на 50%.

Практическая работа №13

Тема: «Свойства и характеристики проводниковых материалов»

Цель работы: Научиться рассчитывать электрические характеристики материалов. Определять изменения параметров проводниковых материалов в зависимости от изменения внешних условий.

Числовые данные для выполнения задания находятся в карточке индивидуального варианта.

Задание 1. Имеется металлическая проволока длиной l_0 диаметром d с общим сопротивлением R_0 .

Определить: материал, из которого изготовлена проволока. Для этого необходимо определить величину ρ_0 .

$$\rho_0 = R_0 \frac{S}{l},$$

где: ρ_0 - удельное сопротивление проводника при температуре t^0 .

R_0 - общее сопротивление проводника при t^0 .

S – площадь поперечного сечения проводника $S = \frac{\pi d^2}{4}$

l – длина проводника

По справочной таблице определить материал, у которого величина удельного сопротивления соответствует величине рассчитанного ρ_0 .

Задание 2. В процессе эксплуатации происходит повышение температуры окружающей среды на Δt^0 .

Определить:

2.1 На сколько изменится общее сопротивление проволоки при увеличении температуры на Δt^0 .

$$\Delta R = R(t^0) - R_0,$$

Для определения величины $R(t^0)$, необходимо рассчитать величину $\rho(t^0)$.

$$\rho(t^0) = \rho_0 * (1 + TK_{\rho} * \Delta t^0),$$

где: Δt^0 - изменение температуры окружающей среды

TK_{ρ} – температурный коэффициент удельного сопротивления соответствует справочному значению TK_{ρ} материала, определенного в задании 1.

$\rho(t^0)$ - удельное сопротивление материала при изменении температуры на Δt^0 .

2.2 На сколько изменится длина проволоки при увеличении температуры на Δt^0 .

$$\Delta l = l(t^0) - l_0$$

$$L(t^0) = L_0 * (1 + TK_L * \Delta t^0),$$

где: L_0 - длина проводника при начальной температуре t^0 .

$L(t^0)$ - длина проводника при повышении температуры на Δt^0

TK_L - температурный коэффициент линейного расширения материала, определенного в задании 1. Соответствует справочной величине.

Данные для расчета задания 1 и 2 находятся в таблице:

№ вар.	l_0 м	d мм	R_0 Ом	Δt^0

Задание 3. Ответить на вопросы:

1. Какие внешние факторы (кроме температуры) влияют на величину удельного сопротивления металлических проводников.
2. Какие металлы относятся к проводникам с высокой удельной проводимостью.

Практическая работа №14

Тема: Проводниковые материалы высокой проводимости и высокого сопротивления

Цель: ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

Задание:

1. Ознакомиться с заданием и раздаточным материалом (таблица характеристик).
2. Записать (обобщённо), какие материалы используют в качестве материалов с высоким сопротивлением.
3. Записать как подразделяются по назначению материалы с высоким сопротивлением
3. Заполнить таблицу №1 классификации проводниковых материалов по удельному электрическому сопротивлению (ρ), температурному коэффициенту термоЭДС в паре сплава с медью, ТКр. См. учебник Л.В.Журавлёва стр.40, табл.3.4.
4. Пронумеровать материалы в порядке увеличения удельного электрического сопротивления.
5. Пронумеровать материалы в порядке увеличения температурного коэффициента термоЭДС в паре сплава с медью.
6. Пронумеровать материалы в порядке увеличения температурного коэффициента удельного электрического сопротивления (ТКр).
7. Проанализировать п.3, п.4, п.5.
8. Записать :
 - применение каждого материала ;
 - ограничение применения, в чем оно проявляется и с чем связано.

Таблица №1

№п/п	Наименование материала, состав	ρ , Ом * м	№ по увелич ρ	№ по увелич тэрмоЭДС	термоЭДС в сплаве с медью	ТКр	№ по увелич ТКр
1	Константан						
2	Нихром						
3	Манганин						

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-7 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-7 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-8 на 50%.

Практическая работа № 15

Тема: Анализ материалов для подвижных контактов: скользящих и размыкающих

Цель: ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

Задание:

1. Ознакомиться с заданием и раздаточным материалом (галетный переключатель ПГК-2П8Н, резистор СПЗ-16 А).
2. Указать назначение компонента.
3. Указать составные части (устройство) компонентов и материал .
4. Указать тип контактов (скользящие или размыкающие), а также материалы контактов.
5. Указать свойства, которыми должны обладать материалы контактов.

6. Указать, что необходимо выполнить, чтобы эксплуатировать устройства с подвижными контактами в более жёстких условиях, повышенным сроком службы и уменьшением числа отказов.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-7 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-7 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-8 на 50%.

Практическая работа № 17

Тема: Устройство резистора СПЗ-16А и конденсатора К53-4

Цель: закрепить знания по радиокомпонентам с учётом свойств материалов

Задание.

1. Выполнить запись радиокомпонентов.

2. Расшифровать запись радиокомпонентов.

3. Указать назначение радиокомпонентов.

4. Указать составные части, предполагаемый материал, назначение (роль) в радиокомпоненте.

Никулин, глава VIII -IX.

Пример: каркас- (керамика,) предназначен для нанесения резиста, закрепления чашечек, выводов .

5. Указать параметры четырёх характеристик: электрических, механических, тепловых, физико-химических.

6. Новейшие технологии в получении данных радиокомпонентов.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-5 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 на 50%.

Практическая работа № 18

Тема: Устройство импульсного трансформатора ОСТИ 4-54 В ОЮО.472.063 ТУ, дросселя ДМ-2,4, переменной катушки индуктивности ПКПП-3

Цель: закрепить знания по радиокомпонентам с учётом свойств материалов

Задание.

1. Выполнить запись радиокомпонентов.

2. Расшифровать запись радиокомпонентов.

3. Указать назначение радиокомпонентов.

4. Указать составные части, предполагаемый материал, назначение (роль) в радиокомпоненте.

Никулин, глава X-XI.

Пример: каркас- (полистирол, ВЧ изоляция) предназначен для расположения (намотки) обмоток, закрепления выводов.

5. Указать параметры четырёх магнитных характеристик. Никулин, стр.78-81.

6. Новейшие технологии в получении данных радиокомпонентов.

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.

Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-5 с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 с ошибками.

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 на 50%.

Практическая работа № 19
Устройство полевого КП 302Г и биполярного КТ 351А транзисторов

Цель: закрепить знания по радиокомпонентам с учётом свойств материалов

Задание.

1. Выполнить запись радиокомпонентов.
2. Расшифровать запись радиокомпонентов.
3. Указать назначение радиокомпонентов.
4. Указать составные части, предполагаемый материал, назначение (роль) в радиокомпоненте.
Пример: каркас- (полистирол, ВЧ изоляция) предназначен для расположения (намотки) обмоток, закрепления выводов.
5. Указать основные параметры электрических свойств полупроводниковых материалов.
6. Новейшие технологии в получении данных радиокомпонентов.

Критерии оценивания:

- Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.
Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-5 с незначительными ошибками.
Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 с ошибками.
Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-5 на 50%.

Практическая работа № 20
Устройство гибридной интегральной микросхемы

Цель: закрепить знания по радиокомпонентам с учётом свойств материалов

Задание.

1. Выполнить запись радиокомпонента.
2. Расшифровать запись радиокомпонента.
3. Указать назначение радиокомпонента.
4. Указать составные части, предполагаемый материал, назначение (роль) в радиокомпоненте.
Пример: каркас- (полистирол, ВЧ изоляция) предназначен для расположения (намотки) обмоток, закрепления выводов.
5. Указать технологию изготовления микросхем.
6. Указать достоинства и недостатки гибридной и полупроводниковой технологии изготовления микросхем
7. Новейшие технологии в получении данных радиокомпонентов.

Критерии оценивания:

- Оценка «отлично» - выполнение всех заданий с незначительными ошибками.
Оценка «хорошо» - выполнение заданий 1-6 с незначительными ошибками.
Оценка «удовлетворительно» - выполнение заданий 1-6 с ошибками.
Оценка «неудовлетворительно» - выполнение заданий 1-6 на 50%.

Практическая работа
Тема «Обобщающее занятие по курсу изучения материаловедения»

Цель работы: Закрепить знания по дисциплине «Материаловедение» и научиться определять практическую связь ЭРМ с различными изучаемыми дисциплинами.

Задание 1. Заполнить таблицу 1 следующего содержания по аналогии с предложенным примером.

№	Дисциплина	Область применения	Название материала	Вид м-ла по ρ (ом*м)	Цель применения
---	------------	--------------------	--------------------	----------------------	-----------------

1.	Основы слесарно-сборочных и электромонтажных работ	Монтажные провода	Медь	проводник	Для электрич. соединения частей электрооборудования
			Полихлорвинил	диэлектрик	Для изоляции провода

Таблица 1.

При выполнении задания 1 внимательно ознакомьтесь с блок-схемой «Взаимосвязь дисциплины «ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ и РАДИОКОМПОНЕНТЫ» с другими дисциплинами.

Задание 2. Сделать вывод о необходимости изучения дисциплины.

Заполнить Блок-схему

Взаимосвязь дисциплины «**Материаловедение**» с другими дисциплинами.

