Министерство образования и науки Пермского края
государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Нытвенский многопрофильный техникум»

Методические указания
для организации практических занятий.

ОП 04 «Материаловедение»

для профессии: 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования»

г. Нытва, 2021г.

Методические указания по организации практических занятий студентов по дисциплине ОП 04 «Материаловедение» разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 02.08.2013 года, № 802,зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации20 августа 2013 г., регистрационный №29611, с изменениями, внесенными Министерством образования и науки Российской Федерации от 17 марта 2015 г., №247, зарегистрированными Министерством юстиции Российской Федерации03апреля 2015 г., регистрационный № 36, с учетом Приказа № 796 от 01.09.2022 *г.* «О внесении изменений в ФГОС СПО»:

Утверждено
Директора
_____ **Д.И.Геберт**
«__5__»____сентября___2023 г.

Рассмотрено и одобрено
Предметно-цикловой комиссией
общепрофессиональных дисциплин
и профессиональных модулей
Протокол от «_4_»___сентября__ 2023 г.
Председатель ПЦК
_____/Мартемьянова О.А/

Организация-разработчик: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Нытвенский многопрофильный техникум»

Разработчик: **Богомягков Игорь Владимирович**, преподаватель, высшая квалификационная категория

ведение

Приступая к выполнению практической работы, студент должен внимательно прочитать цель и задачи занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами, краткими теоретическими и учебно - методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к дифференцированному, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка …… 5
Контроль и оценка…… 6
Перечень практических работ ……. 7
Используемая литература и интернет источники…… 34
Приложения ……35

Пояснительная записка

Методические указания предназначены в качестве методического пособия при проведении практических работ по ОП.04 Материаловедение для профессии 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования».

Практические работы проводятся после изучения соответствующих разделов и тем дисциплины. Выполнение обучающимися практических работ позволяет им понять, где и когда изучаемые теоретические положения, и практические умения могут быть использованы в будущей практической деятельности.

Цель:

- формирование практических умений, необходимых в последующей профессиональной и учебной деятельности.

Задачи:

- обобщить, систематизировать, углубить, закрепить полученные теоретические знания по конкретным темам дисциплин общепрофессионального цикла;
- формировать умения применять полученные знания на практике;
- выработать при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

На практических занятиях обучающиеся овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе учебной и производственной практики.

Освоение дисциплины является частью освоения основного вида профессиональной деятельности и соответствующих общих (ОК) компетенций:

В результате выполнения практических работ, предусмотренных программой ОП.04 «Материаловедение», обучающийся должен **уметь:**

-определять свойства и классифицировать материалы, применяемые в производстве, по составу, назначению и способу приготовления.

1. подбирать основные конструкционные материалы со сходными коэффициентами теплового расширения
2. различать основные конструкционные материалы по физико-механическим и технологическим свойствам

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

1. виды, свойства и области применения основных конструкционных материалов, используемых в производстве.
2. виды прокладочных и уплотнительных материалов.
3. виды химической и термической обработки сталей.
4. классификацию и свойства металлов и сплавов, основных защитных материалов, композиционных материалов.
5. методы измерения параметров и определения свойств материалов.
6. основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов.
7. основные свойства полимеров и их использование.
8. способы термообработки и защиты

О проведении практической работы обучающимся сообщается заблаговременно: когда предстоит практическая работа, какие вопросы нужно повторить, чтобы ее выполнить. Просматриваются задания, оговаривается ее объем и время ее выполнения. Критерии оценки сообщаются перед выполнением каждой практической работы.

Перед выполнением практической работы повторяются правила техники безопасности. При выполнении практической работы обучающийся придерживается следующего алгоритма:

1. Записать дату, тему и цель работы.
2. Ознакомиться с ЗУН, правилами и условиями выполнения практического задания.
3. Повторить теоретические задания, необходимые для рациональной работы и других практических действий.
4. Выполнить работу по предложенному алгоритму действий.
5. Обобщить результаты работы, сформулировать выводы по работе.
6. Дать ответы на контрольные вопросы.

Объем может колебаться, в зависимости от работы: тексты должны быть напечатаны 14 кеглем Times New Roman, через 1,5 интервала, поля страниц: верхнее, нижнее - 2 см, левое - 3 см, правое -1,5 см, абзац, отступ - 1,5 см**;** все приложения к работе не входят в ее объем. Возможен и рукописный вариант оформления работ.

Работа должна быть выполнена грамотно, с соблюдением культуры изложения.

Обязательно должны иметься ссылки на использованную литературу.

Должна быть соблюдена последовательность написания библиографического аппарата.

2. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА

Предметом оценки освоения дисциплины являются умения, знания, общие компетенции, способность применять их в практической деятельности и повседневной жизни.

Критерии оценки практических работ

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенные ошибки в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнен

Практическая работа № 1. Медь, характеристика, свойства. Общая характеристика сплавов меди.
Время работы: 4 часа.
Цель работы: Изучение основных характеристик меди.

Практические задания
Задание 1. Заполнить пропуски:

1. Медь Cu – металл розовато-красного цвета, плотность меди _____ , температура плавления_____ , кристаллическая решетка _____ и _____полиформических превращений.
2. Механические свойства меди:

3.Из-за _____чистая медь как конструкционный материал не применяется. Около половины производимой меди используется _____.

4. Вредными примесями, снижающими механические и технологические свойства меди и ее сплавов, являются _____.

5. Для проводов применяют электролитическую медь следующих марок (Гост 869 2001):_____

6.Технологические свойства меди _____

Задание 2. Написать определения:
Латунь это – _____
Простая латунь – это_____
Сложная латунь – это _____

Задание 3. Заполнить таблицу:

Марка		Расшифровка марки	Область применения
1 в-т	2 в-т		
Л96	Л90		
Л70	Л68		
ЛА77-2	ЛАЖ60-1-1		
ЛАНКМц75-2-2.5-0.5-0.5	ЛМцА57-1-1		
ЛС60-1	ЛС59-3		
Л60	ЛН65-5		
ЛЦ40Мц3Ж3	ЛЦ16К4Ж2		
ЛЦ40А8	ЛЦ38Ж2		

Обучающийся выбирает вариант согласно списка в журнале: 1 вариант выполняют обучающиеся под нечетными номерами, 2 вариант – под четными номерами в списке.

Задание 4. Ответить на вопросы:
Бронза -это _____
По главному легирующему элементу различают бронзы: _____

Задание 5. Заполните таблицу:

Марка		Расшифровка марки	Область применения
1 в-т	2 в-т		
БрАЖ9-4	БрАЖН10-4-4		
БрКМц3-1	БрОЦ9-4		
БрОФ4-0.25	БрОФ6.5-0.25		
БрО3Ц12С5	БрО4Ц4С17		
БрА9Ж4Н4Мц1	БрА9Ж3н3Мц 3		
БрСу3Н2Ц3С20	БрА11Ж6Н6		

Обучающийся выбирает вариант согласно списка в журнале: 1 вариант выполняют обучающиеся под нечетными номерами, 2 вариант – под четными номерами в списке

Задание 6.
Ответить на вопросы теста, результаты занести в таблицу:

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

1. Сплавами меди и других элементов являются:
а) латунь, бронза.
б) манганин, нейзильбер, константан, мельхиор, монетные сплавы.
в) манганин, нейзильбер, константан, мельхиор, монетные сплавы, латунь, бронза.
г) только монетные сплавы

2. В практике применяется латунь с содержанием цинка до…
а) 30 %
б) 35 %
в) 40 %
г) 45 %.

3. Расшифровать марку сплава – Л80:
а) латунь деформированная, простая, содержание меди 20 %, цинка 80 %.
б) латунь деформированная, простая, содержание меди 80 %, цинка 20 %.
в) латунь деформированная, сложная, содержание меди 80 %, цинка 20 %.
г) латунь литейная, простая, содержание меди 80 %, цинка 20 %.

4. Расшифровать марку сплава – ЛАЖ59-1-1:

а) латунь деформированная, сложная, содержание меди 39 %, алюминия – 1%; железа – 1 %; цинка – 59 %.
б) латунь деформированная, сложная, содержание меди 59 %, алюминия – 1%; железа – 1 %; цинка – 39 %.
в) латунь литейная, сложная, содержание меди 59 %, алюминия – 1%; железа – 1 %; цинка – 39 %.
г) латунь деформированная, простая, содержание меди 59 %, алюминия – 1%; железа – 1 %; цинка – 39 %.

5. Расшифровать марку сплава – ЛЦ16К4:
а) латунь литейная, сложная, содержание цинка – 80 %, кремния – 4 %, меди – 20 %.
б) латунь деформируемая, сложная, содержание цинка – 16 %, кремния – 4 %, меди – 80 %.
в) латунь литейная, простая, содержание цинка – 16 %, кремния – 4 %, меди – 80 %.
г) латунь литейная, сложная, содержание цинка – 16 %, кремния – 4 %, меди – 80 %.

6.По способу переработки различают:
а) литейные и деформируемые бронзы
б) оловянные и безоловянные бронзы
в) сложные и простые бронзы.

7.Расшифровать марку сплава – БрСу3НЦ3С20Ф:
а) бронза литейная, сурьма – 3 %, никель – 1%, цинк – 3 %, свинец – 20 %, фосфор – 1%, медь – 72 %.
б) бронза деформируемая, сурьма – 3 %, никель – 1 %, цинк – 3 %, свинец – 20 %, фосфор – 1 %, медь – 72 %.
в) бронза литейная, сурьма – 3 %, никель – 1 %, цинк – 3 %, свинец – 20 %, фосфор – 1 %.

8.Расшифровать марку сплава – БрОЦ 8-4:
а) бронза литейная, олово – 8 %, цинк – 4%, медь – 88 %.
б) бронза деформируемая, олово – 8 %, цинк – 4 %, медь – 88 %.
в) бронза деформируемая, олово – 8 %, цинк – 4%.

9.В марке бронзы буква Ф обозначает следующий легирующий элемент:
а) ванадий
б) фтор
в) фосфор

10.По ГОСТ 859-2001 медь выпускается в виде катодов, слитков, полуфабрикатов, прутков следующих марок:
а)М00А, М00БК, М0А
б) М0, М1, М2,М2Р, М3, М3Р, М4, АМФ.
в) все перечисленное верно

Контрольные вопросы:

1.Назовите свойства чистой меди и области ее применения.

2. Какие сплавы цветных сплавов на основе меди?

3. Дайте характеристику простым и сложным латуням.

4. Дайте характеристику оловянным и безоловянным бронзам.

Приложение

Правила маркировки сплавов меди

По химическому составу сплавы меди делятся			
Латунь – сплав меди и цинка		**Бронза –** сплав меди и других элементов	
По технологическим свойствам		**По технологическим свойствам**	
Деформируемые сплавы	**Литейные сплавы**	**Деформируемые сплавы**	**Литейные сплавы**
Латунь простая – сплав меди и цинка 1.только деформируемый сплав 2. В марке буква «Л» означает , что это сплав - латунь 3. Цифра показывает содержание меди в целых процентах 4. Цинк в марке не прописывается, находится по формуле: <u>100- содержание меди= %</u> <u>Марки:</u>Л96, Л90(томпак), Л85, Л80(полутомпак), Л70, Л68, Л63, Л60 Пример: Л96 Латунь простая деформируемая	**Правила:** 1. В марке буква «Л» означает , что это сплав - латунь 2.Далее идет буквенное обозначение основного легирующего элемента (цинк) – Ц, и следом цифра, указывающая его содержание в целых процентах 3. Далее – буквенное изображение легирующих элементов, и следом - цифры,	**Правила:** 1. При маркировке деформируемых бронз на первом месте ставятся буквы **Бр** 2. Далее идут заглавные буквы, обозначающие легирующие элементы 3. Далее цифры означают долю легирующих элементов в целых процентах в той последовательности , как расположены буквы. Цифры расположены **через тире!**	**Правила:** 1. При маркировке литейных бронз на первом месте ставятся буквы **Бр** 2.Далее – буквенное изображение легирующих элементов, и следом - цифры, указывающие их содержание в целых процентах. 3. **.** Медь в марке литейных бронз не прописывается, а находится по формуле:

Медь – 96 % Цинк 100-96=4 % **Латунь сложная – сплав меди, цинка и других элементов** **1.** В марке буква «Л» означает , что это сплав - латунь 2. Далее идут заглавные буквы, обозначающие легирующие элементы 3.Первые цифры за буквами означают долю меди в целых процентах 4. Далее цифры означают долю легирующих элементов в целых процентах в той последовательности, как расположены буквы. Цифры расположены **через тире!** **5.** Цинк в марке не прописывается, находится по формуле: 100- содержание меди-др.элементы= (%) Марки: ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 **Пример:** ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 Латунь сложная деформируемая Медь – 75 % Алюминий – 2% Никель - 2,5 %	указывающие их содержание в целых процентах. 4. Содержание меди находится по формуле: 100- содержание цинка – содержание др.элементов = % Марки: ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ40Мц3А, Л38Мц2С2; ЛЦ30А3, ЛЦ16К4 и др. **Пример:** ЛЦ30А3 Цинк - 30 % Алюминий – 3 % Медь – 100-30-3=67 %	**4.** Медь в марке деформируемых бронз не прописывается, а находится по формуле: 100- содержание др.элементов = % Марки: БрОФ6,5-0,4; БрОЦ4-3; БрОЦС4-4-2,5 **Пример:** БрОФ6,5-0,4 Бронза деформируемая Олово – 6,5 % Фосфор – 0,4 % Медь 100-6,5-0,4=93,1 %	100- содержание др.элементов = % 4. Иногда на последнем месте марки стоит буква Л, что означает , что сплав литейный Марки: БрО5Ц5С5, БрО10Ц10, БрА9Мц2Л и др. **Пример:** Бронза литейная Алюминий – 9 % Марганец – 2 % Медь 100-9-2=89 %

Кремний – 0,5 % Марганец – 0,5 % Цинк 100-75-2-2,5-0,5-0,5= 19,5 %			
Легирующие элементы: **А** – алюминий **Ж**-железо **Мц**-марганец **К** – кремний **С**-свинец **О**-олово **Мш**- мышьяк **Н**- никель **Ц**- цинк **Су**-сурьма **Ф**-фосфор			

Практическая работа 2.

Тема: Изучение диэлектрических материалов по образцам
Время работы 2 часа
Цель работы: изучение диэлектрических свойств электротехнических материалов и методики их измерения, - применение теоретических знаний на практике
Теоретические сведения
Свойство и качество электротехнических материалов, определяющих их технологичность
при изготовлении различных видов электротехнического оборудования и их поведение вэксплуатации, оцениваются рядом параметров.
Диэлектрическими материалами называют класс электротехнических материалов, предназначенных для использования их диэлектрических свойств (оказывать большое сопротивление прохождению электрического тока и способность поляризоваться.

Практические задания
Задание 1 Решение задач 1. Пробивное напряжение шаров диаметром 12,5 см при расстоянии между Задача № 1 Шары диаметром d=12,5 см при расстоянии между ними 1 см и нормальных условиях имеют пробивное напряжение Uпр. Как изменится пробивное напряжение при температуре t, ºС и атмосферном давлении р, мм рт. ст. Варианты заданий
№ Uпр, В t, ºС р, мм. рт. ст ответы 1 30,1 -15 720 2 30,2 - -10 730 5 30,5 5 734 6 30,6 10 735

Найти изменение пробивного напряжения.

Задача 2. Старение изоляции класса Е происходит под действием двух факторов: температуры и частичных разрядов, т. е. тепловое и электрическое старение происходит одновременно. Рабочее напряжение изоляции U=35 кВ, напряжение возникновения частичных разрядов Uчр=15 кВ. Изоляция рассчитана на срок службы τн=25 лет при отсутствиичастичных разрядов и при номинальной рабочей температуре tн=120˚С. Определить расчетный срок службы изоляции при температуре t=130˚С и наличии частичных разрядов. Решение. Срок службы изоляции при наличии теплового старения равен Формула τн= Срок службы изоляции при электрическом старении: Формула τэ= Срок службы изоляцииприодновременном действии двух механизмов старения: формула τ= Примечание: А – постоянная, зависящая от свойств изоляции, при нормальных условиях равная год/(кВ.) n, где n – показатель степени, зависящий от конструктивных особенностей изоляции и родадействующего напряжения (n=4…8 при напряжении промышленной частоты и n=9…12 при постоянном напряжении). Класс нагревостойкости Y A E B F H C Наибольшая рабочая температура, °С 90 105 120 130 155 180 Более 180 Термодинамическая температура, К 363 378 393 403 428 453

Практическая работа № 3

Тема **«Определение диэлектрических свойств электротехнических материалов»**

Цель работы:
- изучение диэлектрических свойств электротехнических материалов и методики их измерения,
- применение теоретических знаний на практике.
- уметь производить расчеты, умение пользоваться справочными данными.
- согласно произведенным расчетам уметь определять соответствуют ли материал своим диэлектрическим свойствам.

Время работы: 4 часа.

Практические задания.
1. Решение задач по вариантам.
2. Ответить на вопросы теста.
3. Оформление практической работы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения. Свойство и качество электротехнических материалов, определяющих их технологичность при изготовлении различных

видов электротехнического оборудования и их поведение в эксплуатации, оцениваются рядом параметров. .

Диэлектрическими материалами называют класс электротехнических материалов, предназначенных для использования их диэлектрических свойств (оказывать большое сопротивление прохождению электрического тока и способность поляризоваться

Задание 1

Решение задач

Пример решения задачи №1

1. Пробивное напряжение шаров диаметром 12,5 см при расстоянии между шарами 1 см и нормальных условиях равно Uпр = 31,7 кВ. Как изменится пробивное напряжение при температуре t = 27˚С, атмосферном давлении р=739 мм рт. ст. и относительной плотности δ=0,95.

Решение. Относительная плотность воздуха при указанных атмосферных условиях будет равна:

$$\delta = (273+20)*739/(273+27)*760=0,95$$

Если относительная плотность лежит в пределах 0,95…1,05, то пробивное напряжение найдем по формуле:

$$U_{пр} = U_{пр} * \delta = 31,7*0,95 = 30.105 \text{ кВ}.$$

Примечание: при нормальных условиях окружающей t_0 среды =20 ºС, p_0 =760 мм рт.с

Варианты заданий, задача № 1

Шары диаметром d=12,5 см при расстоянии между ними 1 см и нормаль-ныхусловиях имеют пробивное напряжение Uпр. Как изменится пробивное напряжение при температуре t, ºС и атмосферном давлении р, мм рт. ст.

№	Uпр, В	t, ºС	р, мм. рт. ст	Ответы Uпр, кВ
1	30,1	-15	720	
2	30,2	-10	730	
3	30,3	-5	732	
4	30,7	12	736	

Найти изменение пробивного напряжения.

Пример решения задачи №2.

Старение изоляции класса Е происходит под действием двух факторов: температуры и частичных разрядов, т. е. тепловое и электрическое старение происходит одновременно. Рабочее напряжение изоляции U=100 кВ, напряжение возникновения частичных разрядов Uчр=36 кВ. Изоляция рассчитана на срок службы $\tau_н$=25 лет при отсутствии частичных разрядов и при номинальной рабочей температуре $t_н$=120˚С. Определить расчетный срок службы изоляции при температуре t=130˚С и наличии частичных разрядов.

Решение. Срок службы изоляции при наличии теплового старения равен

$$\tau_т = \tau_н \cdot 2^{-\frac{t-t_н}{\Delta t}} = 25 \cdot 2^{-\frac{130-120}{10}} = 25 \cdot 2^{-1} = 12{,}5 \text{ лет}$$

Срок службы изоляции при электрическом старении:

$$\tau_э = \frac{A}{(U - \quad_{ЧР})^6} - \frac{6 \cdot 10^9}{(100-36)^6} - 93{,}75 \text{года}$$

Срок службы изоляции при одновременном действии двух механизмов старения:

$$\tau = \frac{1}{\frac{1}{\tau_т} + \frac{1}{\tau_э}} = \frac{1}{\frac{1}{12{,}5} + \frac{1}{93{,}75}} = 11 \text{ лет.}$$

Примечание: А – постоянная, зависящая от свойств изоляции, при нормаль- ных условиях равная год/(кВ) n , где n – показатель степени, зависящий от конструктивных особенностей изоляции и рода действующего напряжения (n=4…8 при напряжении промышленной частоты и n=9…12 при постоянном напряжении).

Класс нагревостой- кости	Y	A	E	B	F	H	C
Наибольшая рабочая температура, °С	90	105	120	130	155	180	Более 180
Термодинамическая температура, К	363	378	393	403	428	453	Более 453

Варианты заданий задача № 2

Старение изоляции происходит под действием двух факторов: температуры и частичных разрядов, т. е. тепловое и электрическое старение происходит одновременно при рабочем напряжении изоляции U, напряжении возникновения частичных разрядов Uчр. Изоляция рассчитана на срок службы τн при отсутствии частичных разрядов и при номинальной рабочей температуре tн.

№	Класс нагревос	$\tau_н$, год	t, ºС	$t_н$, ºС	U, В	Uчр, В	$\tau_т$, ответ	$\tau_э$, ответ	τ, ответ

	т.					
1	В	30	130	120	35	15
2	А	20	110	100	220	110
3	У	15	170	160	380	220
4	С	45	160	150	0,4	0,23

Задание № 2

Ответить на вопросы теста

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение, что называется диэлектрическими материалами?
Ответ: **Диэлектрическими материалами называют класс электротехнических материалов, предназначенных для использования их диэлектрических свойств**
2. По агрегатному состоянию диэлектрические материалы подразделяют:
… Ответ: **(жидкие, твердые, газообразные)**
3. Верно ли утверждение, что совол, совтол-2, Совтол -10 – негорючие вещества?
Ответ: **Да**

Тест
Определение диэлектрических свойств электротехнических материалов

1) Волокнистые материалы обладают:

а) наибольшей электропроводностью;
б) меньшей электропроводностью;
в) наименьшей электропроводностью.
2) Стекла обладают:
а) наибольшей электропроводностью;
б) меньшей электропроводностью;
в) наименьшей
3) Полистирол, янтарь, парафин обладают:
а) наибольшей электропроводностью; электропроводностью;
б) меньшей электропроводностью;
в) наименьшей электропроводностью.

4) Пробой диэлектриков или нарушением его электрической прочности называется потеря им свойств электроизоляционного материала под действием:
а) электрического поля;
б) магнитного поля;
в) как электрического, так и магнитного поля;
5) Трансформаторное масло применяется:
а) для заливки трансформаторов; масляных высоковольтных выключателей, маслонаполненных вводов, реакторов, реостатов и др. аппаратов;
б) для пропитки бумажных конденсаторов;
в) в производстве силовых электрических кабелей.

6) Конденсаторное масло применяется.
а) для заливки трансформаторов; масляных высоковольтных выключателей, маслонаполненных вводов, реакторов, реостатов и др. аппаратов;
б) для пропитки бумажных конденсаторов;
в) в производстве силовых электрических кабелей.
7) Кабельное масло применяется.
а) для заливки трансформаторов; масляных высоковольтных выключателей, маслонаполненных вводов, реакторов, реостатов и др. аппаратов;
б) для пропитки бумажных конденсаторов;
в) в производстве силовых электрических кабелей.

8) Жидкие синтетические диэлектрики совол, совтол ограничены в применении:
а) токсичности, содержит хлор;
б) из-за большой вязкости;
в) из-за высокой температуры вспышки паров.

9) Недостатками нефтяных масел является:
а) горючесть;
б) невысокая температуры вспышки паров.
в) малая диэлектрическая проницаемость;
г) токсичность, содержит хлор.
10) Полимеризация-это процесс соединения молекул:

а) исходного (мономерного) вещества;
б) нескольких (мономерных) веществ;
в) пункты (а) и (б)

Критерии оценок при выполнении практических работ.

Практическая работа №3
2-е задачи выполнены верно + 10, 9, 8 правильных ответа на тест оценка 5 «отлично»
2-е задачи выполнены верно + 7, 6, 5 правильных ответа на тест оценка 4 «хорошо»
2-е задача выполнены верно +4, 3 оценка 3 «удовлетворительно»
2-е задача выполнены верно + 2, 1 ответа на тест «неудовлетворительно»

Практическая работа имеет важное значение при работе и эксплуатации технических систем. Несоблюдение правильных параметров приводит к серьезным последствиям. Важно при работе с электрооборудованием использовать диэлектрические коврики, перчатки, боты.
Студен должен знать электроизоляционные и диэлектрические свойства, что при эксплуатации оборудования важно и обеспечивает безопасность труда.

Практическая работа 4,5
Твёрдые, жидкие и газообразные диэлектрики.

Цель работы: изучение основные свойства и характеристики диэлектриков, применяемых в электроэнергетике.

Порядок работы

1. Изучить содержание методических указаний
2. Ответить на вопросы
3. Оформить отчет в рабочей тетради

Методические указания

Электроизоляционными материалами, или диэлектриками, называют такие материалы, с помощью которых осуществляют изоляцию, т. е. препятствуют утечке электрического тока между какими-либо токопроводящими частями, находящимися под разными электрическими потенциалами. Диэлектрики имеют очень большое электрическое сопротивление. По химическому составу диэлектрики делят на органические и неорганические. Основным элементов в молекулах всех органических диэлектриков является углерод. В неорганических диэлектриках углерода нет. Наибольшей нагревостойкостью обладают неорганические диэлектрики (слюда, керамика и др.).

По способу получения различают естественные (природные) и синтетические диэлектрики. Синтетические диэлектрики могут быть созданы с заданным комплексом электрических и физико-химических свойств, поэтому они широко применяются в электротехнике.

По строению молекул диэлектрики делят на неполярные (нейтральные) и полярные. Нейтральные диэлектрики состоят из электрически нейтральных атомов и молекул, которые до воздействия на них электрического поля не обладают электрическими свойствами. Нейтральными диэлектриками являются: полиэтилен, фторопласт-4 и др. Среди нейтральных выделяют ионные кристаллические диэлектрики (слюда, кварц и др.), в которых каждая пара ионов составляет электрически нейтральную частицу. Ионы располагаются в узлах кристаллической решетки. Каждый ион находится в колебательном тепловом движении около центра равновесия- узла кристаллической решетки. Полярные, или дипольные, диэлектрики состоят из полярных молекул-диполей. Последние вследствие асимметрии своего строения обладают начальным электрическим моментом еще до воздействия на них силы электрического поля. К полярным диэлектрикам относятся бакелит, поливинилхлорид и др. По сравнению с нейтральными диэлектриками полярные имеют более высокие значения диэлектрической проницаемости, атакже немного повышенную проводимость.

По агрегатному состоянию диэлектрики бывают газообразными, жидкими и твердыми. Самой большой является группа твердых диэлектриков.

Электрические свойства электроизоляционных материалов оценивают с помощью величин, называемых электрическими характеристиками.

К ним относятся: удельное объемное сопротивление, удельное поверхностное сопротивление, диэлектрическая проницаемость, температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, тангенс угла диэлектрических потерь и электрическая прочность материала.

Удельное объемное сопротивление - величина, дающая возможность оценить электрическое сопротивление материала при протекании через него постоянного тока. Величина, обратная удельному объемному сопротивлению, называется удельной объемной проводимостью. Удельное поверхностное сопротивление
- величина, позволяющая оценить электрическое сопротивление материала при протекании постоянного тока по его поверхности между электродами. Величина, обратная удельному поверхностному сопротивлению, называется удельной поверхностной проводимостью.

Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления - величина, определяющая изменение удельного сопротивления материала с изменением его температуры. С повышением температуры у всех диэлектриков электрическое сопротивление уменьшается, следовательно, их температурный коэффициент удельного сопротивления имеет отрицательный знак. Диэлектрическая проницаемость - величина, позволяющая оценить способность материала создавать электрическую емкость. Относительная диэлектрическая проницаемость входит в величину абсолютной диэлектрической проницаемости. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости - величина, дающая возможность оценить характер изменения диэлектрической проницаемости, а, следовательно, и емкости изоляции с изменением температуры. Тангенс угла диэлектрических потерь - величина, определяющая потери мощности в диэлектрике, работающем при
переменном напряжении.

Электрическая прочность - величина, позволяющая оценить способность диэлектрика противостоять разрушению его электрическим напряжением. Механическая прочность электроизоляционных и других материалов оценивается при помощи следующих характеристик: предел прочности материала при растяжении, относительное удлинение при растяжении, предел прочности материала при сжатии, предел прочности материала при статическом изгибе, удельная ударная вязкость, сопротивление раскалыванию.

К физико-химическим характеристикам диэлектриков относятся: кислотное число, вязкость, вод0поглощаемость. Кислотное число - это количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных кислот, содержащихся в 1 г диэлектрика. Кислотное число определяется у жидких диэлектриков, компаундов и лаков. Эта величина позволяет оценить количество свободных кислот в диэлектрике, а значит, степень их воздействия на органические материалы. Наличие свободных кислот ухудшает электроизоляционные свойства диэлектриков. Вязкость, или коэффициент внутреннего трения, дает возможность оценить текучесть

электроизоляционных жидкостей (масел, лаков и др.). Вязкость бывает кинематической и условной. Водопоглощаемость - это количество воды, поглощенной диэлектриком после пребывания его в дистиллированной воде в течение суток при температуре 20° С и выше. Величина водопоглощаемости указывает на пористость материала и наличие в нем водорастворимых веществ. С увеличением этого показателя электроизоляционные свойства диэлектриков ухудшаются.

К тепловым характеристикам диэлектриков относятся: температура плавления, температура размягчения, температура каплепадения, температура вспышки паров, теплостойкость пластмасс, термоэластичность (теплостойкость) лаков, нагревостойкость, морозостойкость.

Большое применение в электротехнике получили пленочные электроизоляционные материалы, изготавливаемые из полимеров. К ним относятся пленки и ленты. Пленки выпускают толщиной 5-250 мкм, а ленты - 0,2-3,0 мм. Высокополимерные пленки и ленты отличаются большой гибкостью, механической прочностью и хорошими электроизоляционными свойствами. Полистирольные пленкивыпускают толщиной 20-100 мкм и шириной 8-250 мм. Толщина полиэтиленовых пленок обычно составляет 30-200 мкм, а ширина 230-1500 мм. Пленки из фторопласта-4 изготавливают толщиной 5-40 мкм и шириной 10-200 мм. Также из этого материала выпускают неориентированные и ориентированные пленки. Наиболее высокими механическими и электрическими характеристиками обладают ориентированные фторопластовые пленки.

Полиэтилентерефталатные (лавсановые) пленки выпускают толщиной 25-100 мкм и шириной 50-650 мм. Полихлорвиниловые пленки изготавливают из винипласта и из пластифицированного полихлорвинила. Большей механической прочностью, но меньшей гибкостью обладают пленки из винипласта. Пленки из винипласта имеют толщину 100 мкм и более, а пленки из пластифицированного полихлорвинила - 20-200 мкм. Триацетат целлюлозные (триацетатные) пленки изготавливают не пластифицированными (жесткими), окрашенными в голубой цвет, слабо пластифицированными (бесцветными) и пластифицированными

(окрашенными в синий цвет). Последние обладают значительной гибкостью. Триацетатные пленки выпускают толщиной 25, 40 и 70 мкм и шириной 500 мм. Пленкоэлектрокартон - гибкий электроизоляционный материал, состоящий из изоляционного картона, оклеенного с одной стороны лавсановой пленкой. Пленкоэлектрокартон на лавсановой пленке имеет толщину 0,27 и 0,32 мм. Его выпускают в рулонах шириной 500 мм. Пленкоасбестокартон - гибкий электроизоляционный материал, состоящий из лавсановой пленки толщиной 50 мкм, оклеенной с двух сторон асбестовой бумагой толщиной 0,12 мм. Пленкоасбестокартон выпускают в листах 400 х 400 мм (не менее) толщиной 0,3 мм.

Вопросы по работе

1. Назовите примеры использования диэлектриков в энергетике?
2. Какие материалы относят к диэлектрикам?
3. Что понимают под удельным объемным сопротивлением?

4. Что такое класс нагревостойкости?
5. Что такое кислотное число?

Практическая работа 6

Характеристики магнитных материалов

Цель работы: изучить характеристики магнитных материалов
Время работы 4 часа.

Порядок работы

1. Изучить задание
2. Ответить на поставленные вопросы
3. Оформить отчѐт в рабочей тетради.

Теоретические сведения

К основным магнитным характеристикам материалов относятся *магнитная восприимчивость, магнитная индукция и магнитная проницаемость.*

Магнитная восприимчивость – величина, характеризующая связь намагниченности вещества J с напряженностью магнитного поля H:

$$\kappa = J/H. \qquad (5.1)$$

Уравнение (6.1) не распространяется на ферромагнетики.

Магнитная восприимчивость может быть как положительной, так и отрицательной. Отрицательной магнитной восприимчивостью обладают диамагнетики (они намагничиваются против поля) положительной − парамагнетики и ферромагнетики, (они намагничиваются по полю).

Магнитная восприимчивость характеризует способность веществ к намагничиванию под действием магнитного поля. Она определяется, главным образом, содержанием ферромагнитных включений, а также их формой, размером и расположением относительно друг друга. Магнитная восприимчивость одного и того же вещества меняется в зависимости от величины магнитного поля и его магнитной предыстории, так как в процессе намагничивания в ферромагнитных включениях могут происходить обратимые и необратимые явления. С учетом последнегоразличают *обратимую* и *необратимую магнитную восприимчивость.*

Магнитная индукция B − среднее результирующее магнитное поле вещества, представляющее собой среднее значение суммарной напряженности микроскопических магнитных полей, созданных отдельными электронами и другимиэлементарными частицами, Тл:

$$B = \mu_o(H + J)\ , \qquad (5.2)$$

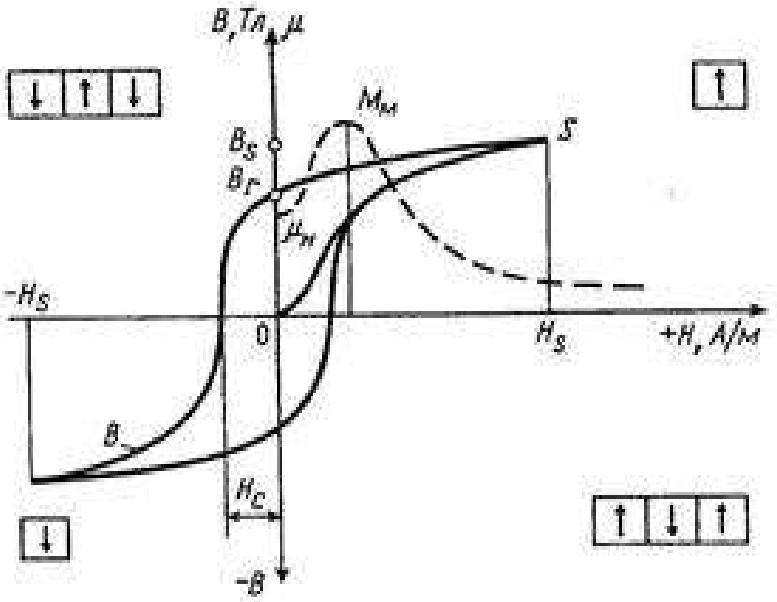
где $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/ м − магнитная постоянная.

Магнитная проницаемость μ − величина, показывающая, во сколько раз увеличивается (уменьшается) магнитная индукция в веществе при воздействии магнитного поля напряженностью H.

Магнитная проницаемость ферромагнетиков сложно зависит от H. Различают (рис. 1) *начальную магнитную проницаемость* $\mu_н$, измеряемую в очень

сла- бых магнитных полях − при значениях напряженности магнитного поля *H*, близ- ких к нулю, и *максимальную магнитную проницаемость* $\mu_м$.

Рисунок 5 .1 – Кривая намагничивания



Параметрами магнитной проницаемости являются: *относительная магнитная проницаемость* μ. и *абсолютная магнитная проницаемость,* Гн/м:

$$\mu_a = \mu_o \mu. \qquad (5.3)$$

Между величинами магнитной восприимчивости и магнитной проницаемости существует зависимость:

$$\kappa = \mu - 1. \qquad (5.4)$$

Графическое изображение зависимости намагниченности ферромагнетикаот напряженности внешнего магнитного поля называется ***кривой намагничивания***(см. рис. 1). Кривые намагничивания определяют характеристики магнитныхматериалов и служат для расчетов магнитных цепей электромагнитов, магнитных пускателей, реле и других электротехнических устройств и приборов.

Кривые намагничивания ферромагнитных материалов при перемагничивании образуют ***петлю магнитного гистерезиса***(если первоначально не намагниченное вещество намагнитить до насыщения, а затем уменьшать и снова увеличивать напряженность магнитного поля. то изменение индукции не будет следовать начальной кривой). Площадь петли магнитного гистерезиса пропорциональна энергии, теряемой в образце на его нагревание за один цикл изменения поля (*гистерезисные потери).* Характерными точками магнитного гистерезиса являются *коэрцитивная сила* и *остаточная намагниченность.*

Коэрцитивная сила H_c − значение напряженности магнитного поля, в ко- тором ферромагнитный образец, первоначально намагниченный до насыщения, полностью размагничивается.

Коэрцитивная сила, в отличие от намагниченности насыщения, является

структурно чувствительным свойством. Наличие в образцах примесей и других дефектов кристаллической решетки затрудняет движение границ магнитных доменов и тем самым повышает коэрцитивную силу. Чистые металлы, а также твердые растворы, не претерпевающие упорядочения, как правило, характеризуются низкой коэрцитивной силой. Применение пластической деформации повышает коэрцитивную силу этих металлов и сплавов, но по абсолютной величине она остается невысокой.

У сплавов с гетерогенной структурой коэрцитивная сила повышенная: при этом тем больше, чем выше дисперсность структуры. Рост коэрцитивной силы особенно значителен при высокой дисперсности ферромагнитной фазы, каждая частица которой является однодоменной и анизотропной. Коэрцитивную силу также увеличивает рост микронапряжений и плотности дислокаций, как, например, в случае закалки стали на мартенсит.

Остаточная намагниченность B_r — величина намагниченности, которую ферро- или ферримагнитный материал имеет при напряженности внешнего поля, равной нулю.

Остаточная намагниченность обусловлена задержкой изменения намагниченности при уменьшении напряженности (после предыдущего намагничивания образца) из-за влияния магнитной анизотропии и структурных неоднородностей образца. Наиболее устойчивой остаточной намагниченностью обладают материалы с высокой коэрцитивной силой. При нагревании ферромагнитных материалов выше температуры, превышающей точку Кюри, они теряют остаточную намагниченность. К уменьшению остаточной намагниченности приводят также механические сотрясения и вибрации.

Все материалы по величинам магнитных восприимчивости и проницаемости делятся на *ферромагнитные* $\mu \geq 1$, $\kappa > 0$), *парамагнитные* ($\mu > 1$, $\kappa > 0$) и *диамагнитные* ($\mu < 1$, $\kappa < 0$).

Величина магнитной восприимчивости для пара- и диамагнитных материалов очень мала ($10^{-4}...10^{-6}$); для ферромагнитных материалов (металлов переходных групп) — от нескольких десятков до тысяч единиц, причем она сильно и сложным образом зависит от напряженности намагничивающего поля.

По величине магнитной проницаемости существует деление электротехнических материалов на *немагнитные* и *магнитные.*

Немагнитные материалы пара-, диа- и слабоферромагнитные материалыс магнитной проницаемостью менее 1,5. К немагнитным материалам относится большинство металлов и сплавов (в том числе некоторые стали), полимеры, дерево, стекло и т.д.

Магнитные материалы классифицируют *по их физической природе* и *величине коэрцитивной силы.*

По физической природе магнитные материалы делят (отраслевое деление) на три группы: *металлические материалы, неметаллические материалы* и *Магнитодиэлектрики.*

К неметаллическим магнитным материалам относятся *ферриты* − ферримагнитные материалы, получаемые из порошкообразной смеси оксидов некоторых переходных металлов и оксида железа путем прессования с

последующим спеканием. По магнитным свойствам ферриты аналогичны ферромагнетикам.

Магнитодиэлектрики− композиционные материалы, состоящие из 70...80 % порошкообразного магнитного материала (ферро- или ферримагнетика) и 30...20 % диэлектрического материала (например, полистирола, резины и др.). Магнитодиэлектрики применяются в приборостроении (постоянные магниты, эластичные герметизаторы для разъемных соединений и др.).

Ферриты и Магнитодиэлектрики отличаются от металлических магнитных материалов высокими значениями объемного удельного сопротивления (ρ_0 = 10...10^8 Ом·м), что резко снижает потери на вихревые токи. Это позволяет использовать данные материалы в технике высоких частот. Кроме того, ферриты обладают стабильностью своих магнитных характеристик в широком диапазоне частот.

По величине коэрцитивной силы магнитные материалы делятся на материалы:

магнитно-мягкие — не более 4 А/м;

магнитно-твердые {магнитно-жесткие) − более 4 А/м.

Магнитно-мягкие материалы намагничиваются до насыщения и перемагничиваются в относительно слабых магнитных полях напряженностью Н ~ 8...800 А/м (~0,1...10 Э). При температурах ниже точки Кюри эти материалы спонтанно намагничены, но внешне не проявляют магнитных свойств, так как состоят из хаотически ориентированных намагниченных до насыщения доменов. Магнитномягкие материалы обладают относительно большими значениями магнитной проницаемости, малой коэрцитивной силой и относительно большой индукцией насыщения. Эти материалы отличаются малыми потерями на гистерезис и вихревые токи на один цикл намагничивания.

К магнитно-мягким материалам относятся: чистое (электромагнитное) железо, листовая электротехническая сталь, железо-армко, пермаллои (железонике- левые сплавы) и др.; металлические стекла и некоторые ферриты. К магнитно- мягким материалам специального назначения относятся термомагнитные сплавыи магнитострикционные материалы.

Магнитно-мягкие материалы применяются для изготовления магнитопровода трансформаторов, электрических машин и аппаратов, магнитных экранов и др., где требуется быстрое намагничивание с малыми потерями энергии. Термомагнитные материалы служат для компенсации температурных изменений магнитных потоков в магнитных системах приборов, а магнитострикционные материалы − для преобразования электромагнитной энергии в механическую.

Магнитно-твердые материалы намагничиваются до насыщения и перемагничиваются в сравнительно сильных магнитных полях, напряженностью в тысячи и десятки тысяч А/м. Они отличаются широкой гистерезисной петлей, то есть обладают большой коэрцитивной силой и большой остаточной индукцией. Эти материалы, будучи намагниченными, могут длительное время сохранять сообщенную им энергию, то есть могут служить источниками постоянного магнитного поля. Магнитно-твердые материалы оценивают еще

величиной максимальной удельной энергии $W_м$ (энергии, создаваемой магнитом в воздушном зазоре в режиме намагничивания между полюсами магнита и отнесенной к единице объеъма магнита): $W_м$ = = ВН/ 2, Дж/ м^3.

К металлическим магнитно-твердым материалам относятся легированные стали, закаливаемые на мартенсит; специальные сплавы на основе Fe-Ni-Al и Fe-Ni-Co, легированных медью, титаном, ниобием и др. Большое значение в технике приобрели порошковые сплавы и ферриты. В качестве магнитно-твердых материалов используются также ***магнитопласты*** и ***магнитоэласты*** из порошков сплавов и ферритов со связкой из пластмасс и резины.

Магнитно-твердые материалы применяются для изготовления постоянных магнитов.

Вопросы по работе

1. Какие материалы относят к магнитным?
2. Что понимают под магнитной проницаемостью?
3. Назовите параметры магнитного поля
4. У каких материалов больше остаточная индукция: у магнито-твѐрдых или магнито-мягких материалов?

Назовите примеры применения магнитных материалов

Практическая работа 7.
Полупроводниковые материалы.

Цель работы: изучение свойств полупроводниковых материалов

Время работы: 4 часа

Порядок работы

1. Ознакомиться с содержанием методических указаний
2. Ответить на поставленные вопросы
3. Оформить отчет в рабочей тетради.

Методические указания

Полупроводники занимают особое место в электро- и радиотехнических материалах, занимая промежуточное положение по электрической проводимости и ряду других свойств между проводниками и диэлектриками.

Их проводимость находится в пределах 1000 - 1000 0м×м при 180 С. В отличие от металлов удельная проводимость полупроводников, также как и диэлектриков, с увеличением температуры уменьшается.

Для полупроводников характерна сильная зависимость r от вида и количества содержащихся примесей. Например, при введении в химически чистый германий (Ge) 0,001% мышьяка его удельная проводимость увеличивается в 10 раз.

Полупроводники чувствительны к различного рода внешним воздействиям - свету, облучению ядерными частицами, электромагнитным полем, давлению и др.

Известно много веществ, обладающих полупроводниковыми свойствами. Наиболее известны германий, кремний, селен, теллур, бор, углерод, фосфор, сера, сурьма, мышьяк, серое олово, йод и другие многоэлементные соединения.

Специфичность свойств полупроводниковых материалов обусловила широкое применение их при изготовлении самых различных полупроводниковых приборов - диодов, транзисторов, тиристоров, фотодиодов, светодиодов, полупроводниковых лазеров, датчиков давлений, магнитных полей, температур, излучений и т.п.

Использование полупроводников вызвало коренные преобразования в радиотехнике, кибернетике, автоматике, электротехнике, телемеханике. Полупроводниковая электроника открыла новые пути микроминиатюризации электронного оборудования.

Ток проводимости в проводниках определяется направленным движением огромного количества свободных электронов. В полупроводниках свободных электронов много. Это объясняется тем, что валентные электроны в полупроводниках связаны со своими атомами, т.е. не являются свободными. Ток в полупроводниках может возникать и изменяться в широких пределах только под влиянием внешних воздействий - нагревания, облучения или введением некоторых примесей. Это увеличивает энергию валентных электронов, позволяет им отрываться от своих атомов и под действием приложенного напряжения направленно

перемещаться, т.е. становиться носителями тока. Чем выше температура полупроводника или интенсивнее внешнее облучение, тем больше в нем свободных электронов и тем больше ток. Атомы полупроводника, потерявшие электроны, превращаются в положительные ионы, которые не могут перемещаться.

Место на внешней оболочке атома, покинутое электроном, называют «дыркой». Эту дырку может занять другой электрон, покинувший свое место в соседнем атоме. В результате на внешней оболочке соседнего атома появится дырка,т.е. он превратится в положительный ион. При приложении к полупроводнику электрического напряжения электроны будут перемещаться от одних атомов к другим в одном направлении, а дырки в другом (противоположном).

Дырку принято считать положительно заряженной частицей с зарядом, равным заряду электрона. Такое представление упрощает, в большинстве случаев, анализ процессов, происходящих в кристалле полупроводника. Кажущееся перемещение дырок в направлении, противоположном движению электронов, называют дырочным током Iд.

Электропроводимости полупроводника, обусловленные движением электронов и дырок, называют соответственно электронной и дырочной.

В чистом полупроводнике концентрация электронов Nэ и дырок Nд одинаковы, и электропроводность такого полупроводника называют собственной. Общий ток I такого полупроводника равен

$$I = I_э + I_д. \quad (6.1)$$

Но т.к. подвижность электронов больше, чем дырок, то $I_э > I_э$.

Под подвижностью заряда М понимают отношение скорости перемещения носителя V к напряженности электрического поля Е в полупроводнике т.е.

$$M_э = V_э/E \; ; \; M_д = V_д/E.$$

Таким образом, подвижность показывает, какой путь проходит за 1с электрон или дырка при напряженности Е=1В/см.

Учитывая это, собственный ток полупроводника равен

$$I = N \cdot E \cdot (M_э + M_д) \cdot e$$

Т.к. Vэ=Мэ Е; N=Nэ=Nд; е-заряд электрона.

Для создания полупроводниковых приборов требуются полупроводниковые материалы, обладающие преимущественно электронной или дырочной проводимостью. Для получения таких материалов в тщательно очищенный полупроводник (концентрация примесей $<10^{-11}$%) вводят соответствующую добавку - легирующую примесь.

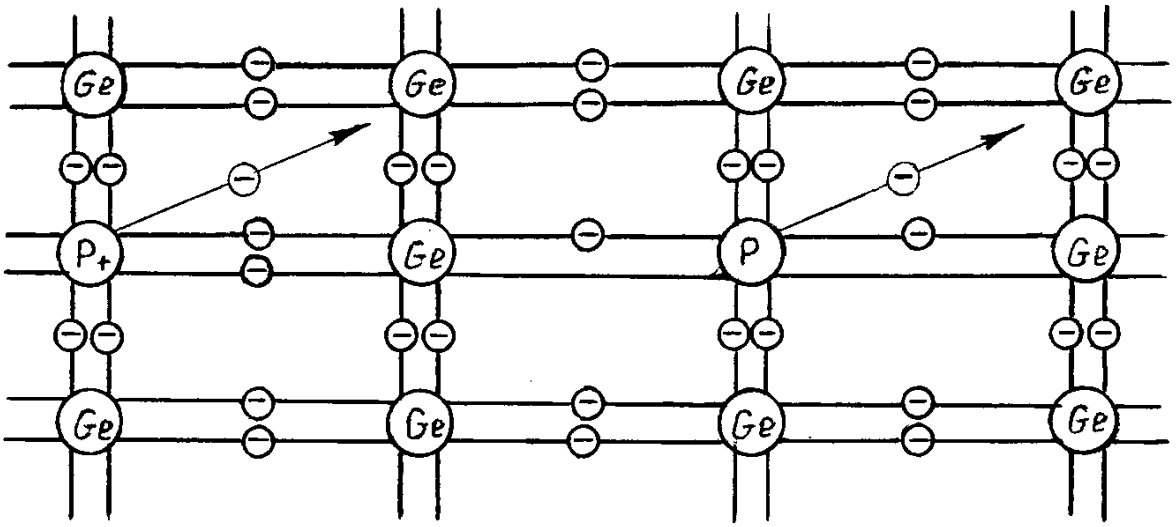


Рисунок 6.1 Образование п/проводника с электронной проводимостью.

Легирующие примеси, валентность которых выше валентности полупроводника, снабжают его свободными электронами и называются донорами, от латинского «донаре» - дарить, отдавать.

Примеси, имеющие меньшую валентность чем полупроводник, обладают способностью захватывать и удерживать его электроны, от латинского «акцептарэ» - получать, брать.

Чтобы получить полупроводник, обладающий только электронной проводимостью, в него вводят атомы вещества, имеющего валентность на единицу больше валентности полупроводника. Например, в германий, валентность которого 4, вводят донорскую примесь – сурьму (Sb) или фосфор (P), валентность которых равна 5 (рис.6.1).

Четыре электрона каждого из атомов введенной примеси устанавливают четыре ковалентные (парные) связи с соответствующими атомами германия. Пятый остается без такой связи, следовательно, переходит в свободное состояние и под действием приложенного напряжения принимает участие в образовании электронного тока.

Если в полупроводнике электронный ток больше дырочного, такой полупроводник называют электронным, или полупроводником n-типа (от латинского «негативус» - отрицательный).

При введении в германий акцепторной примеси, например, бора, каждый из ее атомов установит три ковалентные связи с соседними атомами германия, а для связи с четвертым атомом германия атом бора электрона не имеет. Таким образом, несколько атомов германия будут иметь по одному электрону без ковалентной связи. При этом достаточно небольших внешних электрических воздействий, чтобы эти электроны покинули свои места, образовав дырки у атомов германия(рис.6.2).

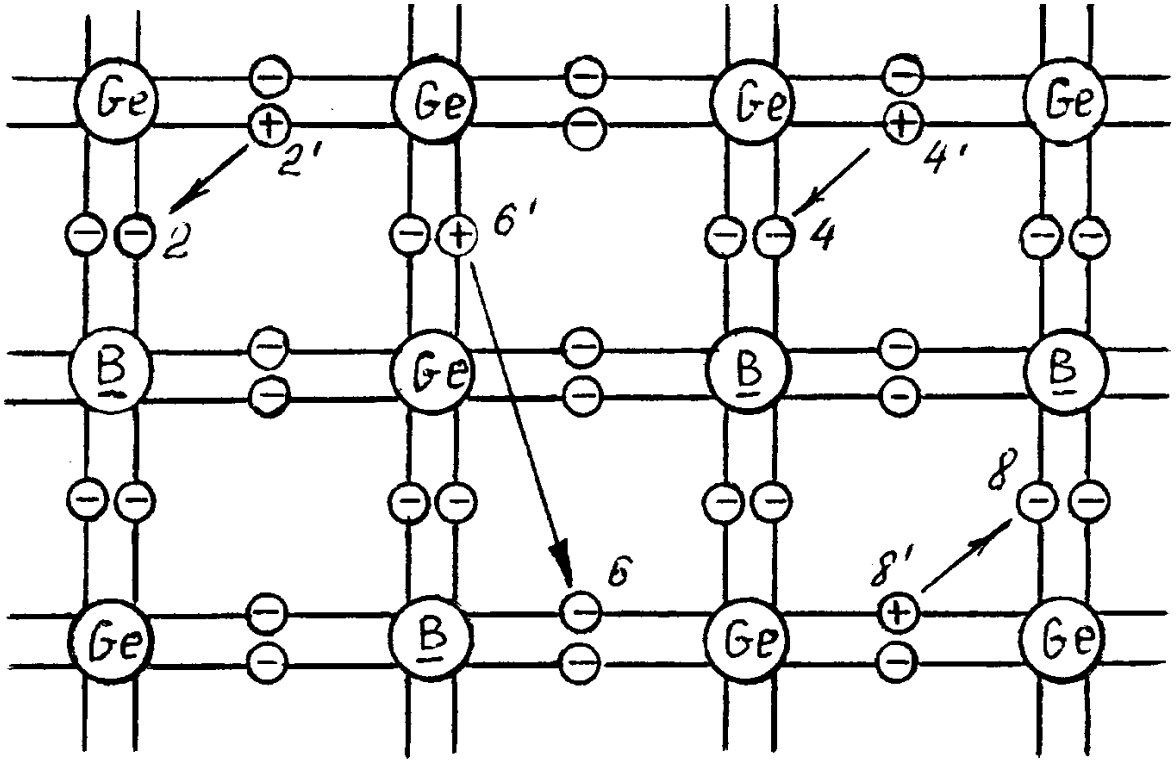


Рис. 6.2 Образование п/проводника с дырочной проводимостью.

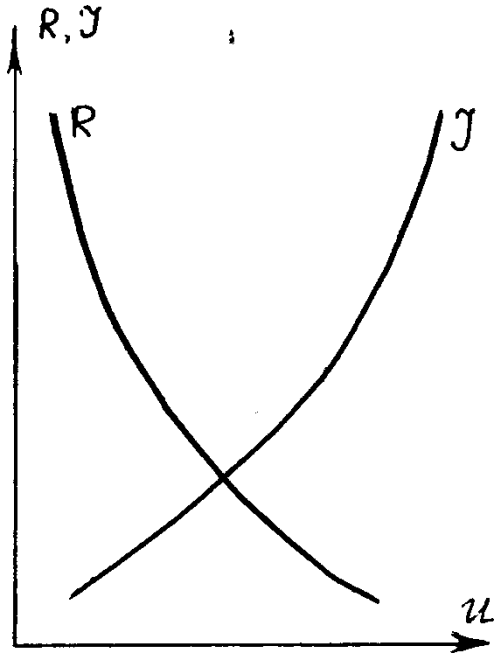


Рисунок 6.3 Вольт-амперная характеристика полупроводника

Освободившиеся электроны 2, 4, 6 атомов германия присоединяются к атомам бора и поэтому не могут создать ток в полупроводнике. Образовавшиеся у атомов германия дырки 1, 3, 5 позволяют перейти на них электронам от соседних атомов, где, в свою очередь, образуются дырки.

Т.е. каждая возникающая дырка будет переходить от одного атома германияк другому, от него к следующему и т.д. Под действием приложенного напряжения это движение дырок упорядочивается, т.е. в полупроводнике возникает примесный дырочный ток. Такой полупроводник называется дырочным, или р-типа (от латинского«позитивус»–положительный.

Под действием приложенного напряжения электроны и дырки перемещаются в полупроводнике, встречая различного рода препятствия, теряют часть энергии и отклоняются от своего пути, т.е. происходит рассеяние носителей заряда, вызываемое, главным образом, различными загрязняющими примесями. Чем чище полупроводник, тем меньше рассеяние носителей заряда и выше подвижность электронов и дырок, следовательно, полупроводник обладает большей удельной проводимостью.

Ранее отмечалось, что полупроводники обладают рядом специфических свойств. Одним из таких свойств является нелинейность вольт - амперной характеристики, т.е. при увеличении U, приложенного к образцу полупроводника, ток через него растет быстрее (рис.6.3).

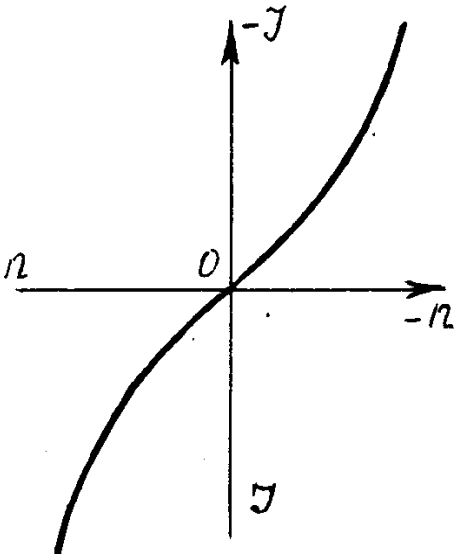
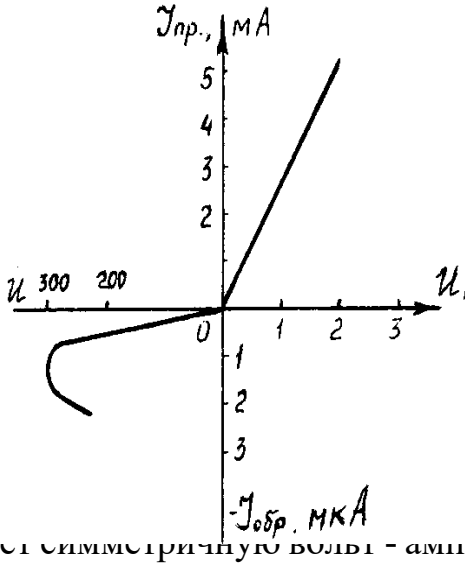


Рисунок 6.4 Симметричная вольт – амперная характеристика



Одновременн ется электрическое сопротивление образца. Это свойс : полупроводниковых разрядниках в линиях электрог . При номинальном напряжении разрядник имеет оч непропускает ток с ЛЭП на землю. При ударе молни (очень большим напряжением, электрическое сопр. меньшается, и он отводит ток с напряжение снижается до нормы, большое сопротив: вается и он не пропускает ток с линии на землю.

При изменен ок в полупроводнике протекает в обрат- ном напра му же закону. Это означает, что полупроводник имеет симметричную вольт - амперную характеристику (рис.6.4). Если же одна часть полупроводника имеет электронную проводимость, а другая – дырочную, то на границе между ними образуется специфическая область – электронно-дырочный переход (p-n переход), имеющий несимметричную вольт - амперную характеристику (рис. 6.4).

При плотном контакте электронного и дырочного полупроводников образуется система двух областей, одна из которых будет иметь электронную, а другая – дырочную проводимость. При этом электроны из n-области будут диффундировать в p-область, где их концентрация мала. Одновременно дырки из p-области будут диффундировать в n-область, где их концентрация также мала. Взаимная диффузия дырок и электронов уменьшит концентрацию электронов в n-области и дырок в p-области.

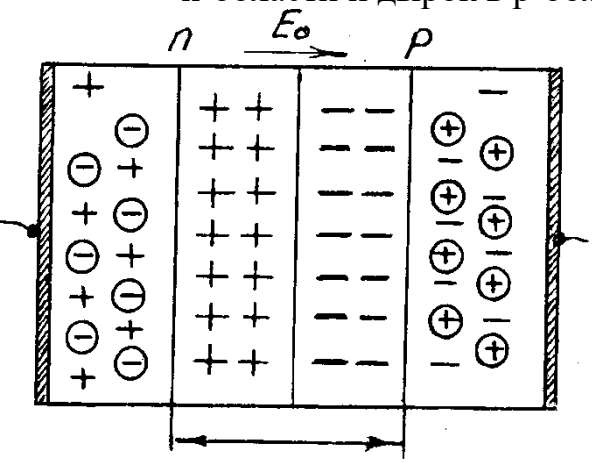


Рисунок 9.6Образование p-n перехода

Таким образом, еще до подключения к электродам источника внешнего напряжения на границе между p- и n-областями полупроводника образуется двой- ной электрический слой. В результате этого появится местное электрическое поленапряженностью Eo, направленное в сторону отрицательных зарядов в двойном электрическом слое.

При приложении к такой системе внешнего напряжения, если Евн совпадаетс напряженностью Eo местного электрического поля, электроны в n-области и дырки в p-области будут перемещаться от границы раздела к электродам (рис.6.7а).

При этом расширяются зоны, занятые электронами в полупроводнике p-типа и дырками в полупроводнике n-типа. Электрическое сопротивление перехода значительно возрастает, т.к. образуется запирающий слой и p-n переход не будет пропускать ток. Фактически через переход будет проходить очень малый ток, обусловленный перемещением не основных носителей зарядов и называемый обратным током Iобр.

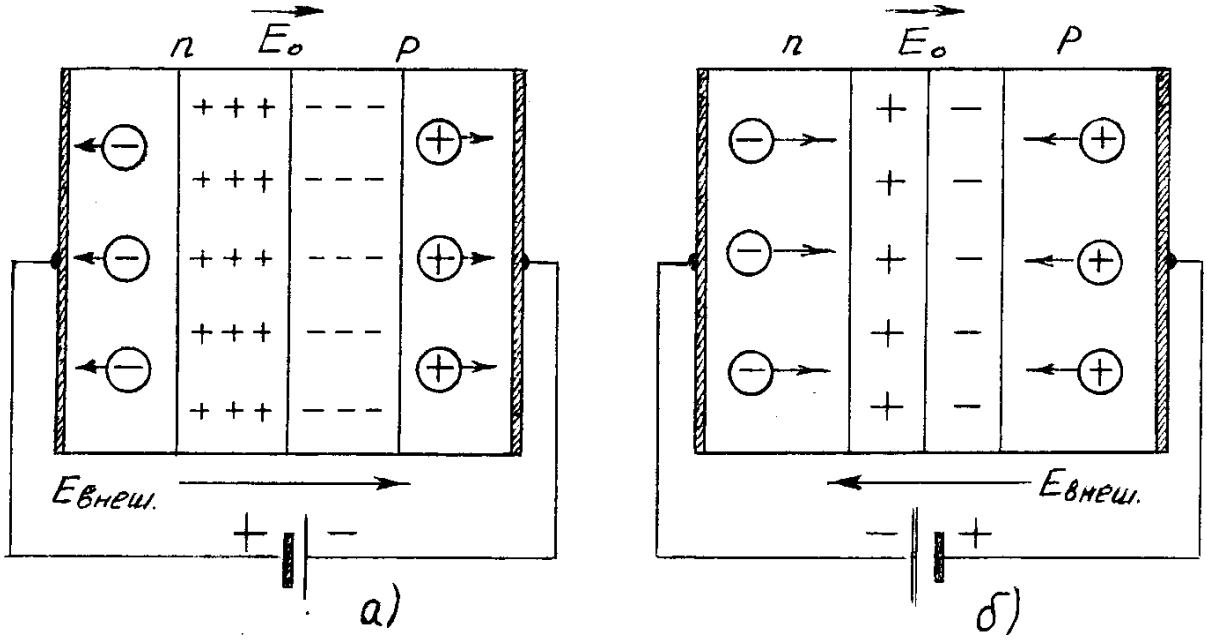


Рисунок 6.7 Процессы в p-n переходе при различной полярности внешнего напряжения.

В случае, когда Евн направлена навстречу Ео (рис.6.7 б), местное электрическое поле заметно ослабляется, и электроны из n-области полупроводника и дырки из p-области начинают перемещаться к p-n переходу; вследствие этого запирающий слой сужается, его электрическое сопротивление резко уменьшается. Вэтом случае p-n переход пропускает ток, который называют прямым Iпр, а его направление – прямым или пропускным. Следует иметь в виду что, Iпр>Iобр, и что сопротивление p-n перехода, смещенного в прямом направлении меньше, чем смещенного в обратном. При увеличении прямого напряжения ток через переход резко возрастает по линейному закону. Когда приложено обратное напряжение, то вначале ток через переход практически отсутствует; при повышении напряжения появляется обратный ток, который вначале растет линейно, затем увеличивается практически по закону Ома, а начиная с некоторого Uобр резко возрастает, в результате чего происходит электрический пробой перехода и его разрушение вследствие теплового пробоя.

Свойство p-n перехода пропускать ток только в одном направлении используют в полупроводниковых выпрямителях.

Полупроводниковые материалы обладают и рядом других специфических свойств:

Под действием света удельная проводимость некоторых полупроводников (селена) может резко изменяться. Это объясняется тем, что световое излучение определенной длины волны (400-700 нм.) сообщает электронам полупроводника

энергию, достаточную для того, чтобы они стали свободными. Электрическое сопротивление полупроводника при этом резко уменьшается. Это свойство используют в фоторезисторах.

1. При частичном освящении полупроводника светом, когда на его поверхности имеются освещенная и неосвещенная зоны между ними, возникает фото- ЭДС. Этот эффект используется при создании солнечных батарей и других источников энергии.

2. Некоторые полупроводники (Si) резко изменяют электрическое сопротивление под действием оказываемого на них давления (тензорезистивный эффект). Это явление используют при изготовлении чувствительных измерителей давления - тензорезисторов.

3. Наличие в полупроводниках двух участков с разными температурами вызывает перемещение свободных зарядов от нагретого участка к холодному. Так, если носителями зарядов являются электроны, они, перемещаясь к холодному участку заряжают его отрицательно. Нагретый участок, потеряв электроны, заряжается положительно. В результате между нагретым и холодным участком полупроводника возникает термо-ЭДС. Этот эффект используется при создании термоэлементов и термогенераторов, способных превращать тепловую энергию в электрическую.

Вопросы по работе

1. Назовите основное свойство p-n перехода?
2. Как влияют примеси на электропроводность полупроводников?
3. Как изменится электропроводность полупроводников при повышении температуры?
4. Что такое акцепторная примесь?
5. Назовите полупроводниковые приборы.

Список литературы

Основные источники:

1. Журавлева Л.В., Электроматериаловедение: учебное пособие/ 6 издание, перераб. и доп.-М.: Издательский центр «Академия», 2021 г.
2.. Солнцев, Ю.П. Материаловедение: учебник для студ. Учреждений сред. проф.
образования / Ю.П.Солнцев, С.А.Вологжанина, А.Ф.Иголкин.-12-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия» 2018.-496с.
3. Покровский Б.С. Основы слесарных и сборочных работ : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования /Б.С. Покровский. – 9-е изд. стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2019.- 208 с.
4. Покровский Б.С. Общий курс слесарного дела: учеб. Пособие / Б.С. Покровский, Н.А. Евстигнеев. – 9-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017.- 80 с. – (Слесарь)
5.Основы материаловедения (металлообработка) : учебник для СПО / В.П. Заплатин и др. – М.: Академия, 2017.- 272 с.

Интернет-ресурсы:

Электронные ресурс «Материаловедение». Форма доступа - http://www.prosibir.ru/

Электронные ресурс «Материаловедение». Форма доступа - http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo%20Metall/2_11.htm

Приложение

Правила маркировки сплавов меди.

По химическому составу сплавы меди делятся			
Латунь – сплав меди и цинка		**Бронза –** сплав меди и других элементов	
По технологическим свойствам		**По технологическим свойствам**	
Деформируемые сплавы	**Литейные сплавы**	**Деформируемые сплавы**	**Литейные сплавы**
Латунь простая – сплав меди и цинка 1.только деформируемый сплав 2. В марке буква «Л» означает , что это сплав - латунь 3. Цифра показывает содержание меди в целых процентах 4. Цинк в марке не прописывается, находится по формуле: 100- содержание меди= % Марки: Л96, Л90(томпак), Л85, Л80(полутомпак), Л70, Л68, Л63, Л60 Пример: Л96 Латунь простая деформируемая Медь – 96 % Цинк 100-96=4 %	**Правила:** 1. В марке буква «Л» означает, что это сплав - латунь 2.Далее идет буквенное обозначение основного легирующего элемента (цинк) – Ц, и следом цифра, указывающая его содержание в целых процентах 3. Далее – буквенное изображение легирующих элементов, и следом - цифры, указывающие их содержание в целых процентах.	**Правила:** 1. При маркировке деформируемых бронз на первом месте ставятся буквы **Бр** 2. Далее идут заглавные буквы, обозначающие легирующие элементы 3. Далее цифры означают долю легирующих элементов в целых процентах в той последовательности, как расположены буквы. Цифры расположены **через тире!** **4.** Медь в марке деформируемых бронз не прописывается, а находится по формуле:	**Правила:** 1. При маркировке литейных бронз на первом месте ставятся буквы **Бр** 2.Далее – буквенное изображение легирующих элементов, и следом - цифры, указывающие их содержание в целых процентах. 3. **.** Медь в марке литейных бронз не прописывается, а находится по формуле: 100- содержание

Латунь сложная – сплав меди, цинка и других элементов **1.** В марке буква «Л» означает , что это сплав - латунь 2. Далее идут заглавные буквы, обозначающие легирующие элементы 3.Первые цифры за буквами означают долю меди в целых процентах 4. Далее цифры означают долю легирующих элементов в целых процентах в той последовательности, как расположены буквы. Цифры расположены **через тире!** **5.** Цинк в марке не прописывается, находится по формуле: 100- содержание меди- др. элементы= (%) Марки: ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 **Пример:** ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 Латунь сложная деформируемая Медь – 75 %	4. Содержание меди находится по формуле: 100- содержание цинка – содержание др.элементов = % Марки: ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ40Мц3А, Л38Мц2С2; ЛЦ30А3, ЛЦ16К4 и др. **Пример:** ЛЦ30А3 Цинк - 30 % Алюминий – 3 % Медь – 100-30-3=67 %	100- содержание др.элементов = % Марки: БрОФ6,5-0,4; БрОЦ4-3; БрОЦС4-4-2,5 **Пример:** БрОФ6,5-0,4 Бронза деформируемая Олово – 6,5 % Фосфор – 0,4 % Медь 100-6,5-0,4=93,1 %	др.элементов = % 4. Иногда на последнем месте марки стоит буква Л, что означает , что сплав литейный Марки: БрО5Ц5С5, БрО10Ц10, БрА9Мц2Л и др. **Пример:** Бронза литейная Алюминий – 9 % Марганец – 2 % Медь 100-9-2=89 %

Алюминий – 2% Никель - 2,5 % Кремний – 0,5 % Марганец – 0,5 % Цинк 100-75-2-2,5-0,5-0,5= 19,5 %			
Легирующие элементы: **А** – алюминий			**Ж**-железо
Мц-марганец			
	К – кремний		**С**-свинец
О-олово			
	Мш- мышьяк		**Н**- никель
Ц- цинк			
	Су-сурьма		**Ф**-фосфор