



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А.И.Колесниченко

ОП.06 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические указания по выполнению практических занятий
по специальности

26.02.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики

МО–26 02 06-ОП.06.ПЗ

РАЗРАБОТЧИК	Блинов М.Н.
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	Никишин М.Ю.
ГОД РАЗРАБОТКИ	2022
ГОД ОБНОВЛЕНИЯ	2025

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.2/30

Содержание

Введение	3
Перечень практических занятий.....	4
РАЗДЕЛ 1 ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	5
Тема 1.4 Твердые и твердеющие органические диэлектрики	5
Практическое занятие № 1 Изучение свойств пластмасс.....	5
РАЗДЕЛ 2 КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	10
Тема 2.2 Черные металлы.....	10
Практическое занятие № 2 Построение диаграмм Fe-C (железо - углерод)	10
РАЗДЕЛ 3 ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛЫ.....	18
Тема 3.1 Проводниковые материалы	18
Практическое занятие № 3 Изучение электрических характеристик проводниковых материалов.....	18
Тема 3.2 Полупроводниковые материалы.....	27
Практическое занятие № 4 Изучение электрических характеристик полупроводниковых материалов.....	27
Список используемых источников.....	30

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.3/30

Введение

Рабочей программой дисциплины Материаловедение предусмотрено 5 практических занятий (10 учебных часов)

Целью проведения практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по отдельным темам дисциплины. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, конкретизируются и углубляются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность применять эти знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Выполнение практических заданий направлено на формирование у обучающихся следующих элементов компетенций:

общие компетенции

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

профессиональные компетенции

ПК 1.1. Обеспечивать оптимальный режим работы электрооборудования и средств автоматики с учетом их функционального назначения, технических характеристик и правил эксплуатации.

Перед проведением практических занятий обучающиеся обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания готовность к выполнению задания.

Текст выполняемых работ на практических занятиях обучающиеся должны писать ручкой понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом с помощью чертежных инструментов.

После каждого практического занятия проводится защита отчета, как правило, на следующем практическом занятии перед выполнением последующей работы.

На защите отчета обучающийся должен знать теорию по данной теме, пояснить, как выполнялась работа в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы.

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.4/30

Перечень практических занятий

№ п/п	Практическое занятие	Кол-во часов
1-2	Изучение свойств пластмасс.	4
3	Построение диаграммы Fe – C (железо – углерод)	2
4	Изучение электрических характеристик проводниковых материалов.	2
5	Изучение электрических характеристик полупроводниковых материалов	2
ИТОГО		10

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.5/30

РАЗДЕЛ 1 ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Тема 1.4 Твердые и твердеющие органические диэлектрики

Практическое занятие № 1-2 Изучение свойств пластмасс

Цель: ознакомиться с компонентами, входящими в состав пластмасс, их свойствами, назначением и применением.

Теоретические сведения.

Пластмассами называются материалы, получаемые на основе высокомолекулярных органических веществ, которые при определенных условиях (температура давление) становятся пластичными и их можно посредством деформации перерабатывать в изделие. Пластмассы могут состоять из одного высокомолекулярного вещества (чистые полимеры) или представлять композицию из высокомолекулярной смолы, наполнителя, пластификатора, красителя и других добавок. В зависимости от поведения связующего веществ полимерной смолы при нагреве пластмассы делятся: термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты).

Синтетические полимеры могут быть получены двумя принципиально различными способами: полимеризацией, поликонденсацией.

Полимеризация - химическая реакция, при которой из низкомолекулярного соединения (мономера) получается высокомолекулярное соединение без изменения элементарного химического состава вещества.

Поликонденсация - необратимая химическая реакция, при которой из низкомолекулярного соединения получается высокомолекулярное соединение с изменением элементарного химического состава вещества (выделяются вода, спирты и т.д.)

Термопласты при нагревании плавятся, при охлаждении затвердевают, но при повторных нагревах опять плавятся, то есть не теряют способности плавиться. Они способны растворяться в определенных растворителях. Реактопласты при нагревании плавятся, но при достаточной выдержки (при высокой температуре) затвердевают, после чего уже не плавятся при повторном (обратимое состояние).

Порядок выполнения работы:

1. Изучить виды, состав пластмасс по стендам и по учебной коллекции (смотреть приложение № 4 к настоящим методическим рекомендациям).

2. Изучить свойства пластмасс (смотреть приложение № 1,2,3 к настоящим методическим рекомендациям).

3. Изучить способы производства и свойства пластмасс

(Березин Б.М. "Материаловедение"- с.120-129; Филиков В. А., "Конструкционные и электротехнические материалы" - с. 201-220).

Содержание отчёта:

В отчёт необходимо включить определение пластмасс, виды, свойства (в виде сравнительной таблицы – смотреть приложение № 5 к настоящим методическим рекомендациям) применение. В выводах отметить особенность переработки термопластичных и термореактивных пластмасс.

Приложение № 1

ПЛАСТМАССЫ

Пластические массы (пластмассы) представляют собой, получаемые из прессованных порошков, которые под воздействием температуры и давления размягчаются и приобретают свойства пластического течения.

Пластмассы П	связывающее = вещества С.в.	наполнители Н	пластификаторы П	красители К
Термопластичные (ТП)	Термопласты (ПЭНД, ПЭВД, полистерол)	Порошкообразные (кварц, мука, тальк, молотая)	Дибутилфтолат	Охра краситель и т.д.
Термореактивные (ТР)	Реактопласты (термореактивные смолы)	Волокнистые (древесная мука, стекловолокно)	Три крезилфтолат	

Связывающие вещества – определяет пластичность пластмассы в момент ее переработки.

Наполнители – продукт служащие для удешевления пластмассы.

Красители - вводиться в небольшом количестве для придания пластмассам окраску.

Специальные примеси - пластификаторы (для улучшения пластичности) ускорители затверди, смягчители и дртранены.

Способы получения:

- 1.Пресование (Холодное и горячее).
2. Литье под давлением.
3. Выдавливание через фигурные щели (экструзия).

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.7/30

ГАЗОНАПОЛНЕННЫЕ (легкие пластмассы)		СЛОИСТЫЕ - материалы, состоящие из чередующихся слоев листового наполнителя и связывающего вещества	
Пенопласты	Поропласты	Текстолит	Гетинакс
- (90-95% газа) из мельчайших ячеек или пор, отдельных друг от друга тонкой пленки полимера. Получение: насыщают расплав смолы газом под давлением, вследствие чего происходит вспенивание полимера	- состоит из сообщающихся пор;	- листовой слоистый материал, в котором наполнителям является хлопчатобумажная ткань.	листовой слоистый материал, в котором наполнителям являются листы пропитанной бумаги толщиной 0,10-0,12 мм.
<i>Свойства</i>			
- высоко изоляционные свойства; - высоко тепловые свойства; - водонепроницаемость, - большая удельная прочность; - большая удельная прочность (пенополиуретан); - стойкость к щелочам и кислотам; - низкая плотность (до 20 кг/м ³).	все свойства ниже, чем у пенопласта	- высокая удельная вязкость; - большая влагостойкость; - маслостоек; - дугостоек.	- высокая электрическая прочность.
<i>Примечание</i>			
применяют в качестве звука и тепло изоляции.	Примечание: В основном для звукоизоляции.	для помещения РУ, щитов изоляционных перегородок в устройствах НН, для печатных схем электрических	для работы в электрическом оборудовании как промышленной, так и высокой частоты; используют для изготовления различного рода плоских электрических изоляционных деталей и оснований

Приложение № 3

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТМАСС

Характеристики	Гетинакс низкочастотный I, II, III и V	Текстолит низкочастотный А, Б, Г	Стеклотекстолит на основе связующей		
			фенолодегидной, формальдегидной	кремний-органический	эпоксидной
Плотность, кг/м ³	1300-1450	1300- 1450	1600-1800	1600-1800	1600-1900
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа*	105- 150	80-115	95- 160	120- 140	320-400
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа *	80-100	35-90	70-90	80-11	200-300
Ударная вязкость, кДж/м **	10—15	12—18	15—20	15—20	50—80
Теплостойкость (по Мартенсу), °С.	150—160	135—150	185—200	300—310	180—210
Удельное объемное сопротивление, Ом*м	10— 10 ⁹	10 ⁷ — 10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁹	10 ¹⁰ -10 ¹²	10 ¹¹ -10 ¹¹
Диэлектрическая проницаемость	5-6	6-7	5-7	5-6	5-7
Тангенс угла диэлектрических потерь (при 50 Гц)	0,04—0,05	0,08—0,18	0,07—0,09	0,008-0,012	0,04-0,08
Электрическая прочность,*** МВ/м	12—2	5—10	8—10	18—25	14—16

* Большие значения относятся к образцами, вырезанным вдоль листа.

** Для образцов, вырезанных вдоль листа.

*** В направлении, перпендикулярно слоям: в направлении ,параллельно слоям, значения электрической прочности будет меньше указанных в таблице.

Приложение № 4

КОЛЛЕКЦИЯ "ПЛАСТМАССЫ" – М 2

(для курса химии средней школы)

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ПЛАСТМАССЫ

- | | |
|--|--|
| 1. Полиэтилен | 9. Искусственная кожа на основе поливинилхлорида |
| 2. Пленка полиэтиленовая | 10. Полистирол |
| 3. Изделие из полиэтилена | 11. Изделие из полистирола |
| 4. Полипропилен | 12. Пленка полистирольная |
| 5. Изделие из полипропилена | 13. Пена - полистирол |
| 6. Поливинилхлорид | 14. Изделие из пены - полистирола |
| 7. Изделие из поливинилхлорида мягкого(пластика) | 15. Полиметилметакрилат |
| 8.Изделие из поливинилхлорида жесткого (винипласт) | 16. Изделие из полиметилметакрилата |
| | 17. Поликапроамид (капрон) |

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ПЛАСТМАССЫ

- Изделие из пресс порошка на основе фенолформальдегидной смолы.
- Пресс порошок на основе фенолформальдегидной смолы
- Текстолит
- Стеклотекстолит

РАЗДЕЛ 2 КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Тема 2.2 Черные металлы

Практическое занятие № 3 Построение диаграмм Fe-C (железо - углерод)

Цель: Получение достаточного представления о диаграмме «железо-углерод», об отраженных на ней структурно-фазовом составе и критических температурных точках

Теоретические сведения. Понятия о сплавах:

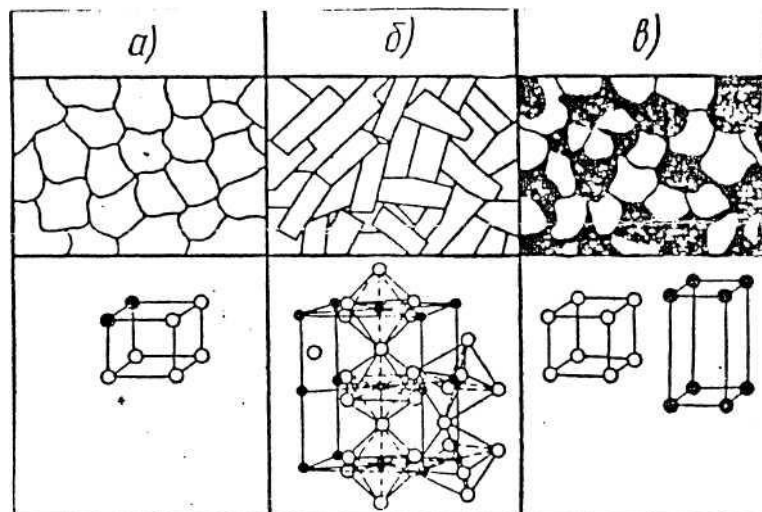
Металлическим (> 50% Me) сплавом называется вещество, состоящее из двух или более элементов, обладающих металлическими свойствами.

Способ получения сплава:

1. Сплавление
2. Спекание
3. Электролиз
4. Возгонка

В твердом виде сплавы:

- а) твердый раствор (ТР);
- б) химическое соединение (ХС);
- в) механическая смесь (МС).

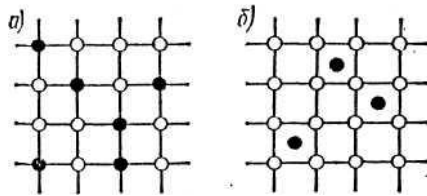


Структура (вверху) и строение элементарной ячейки пространственной кристаллической решетки (внизу) различных сплавов из двух металлов А (белые кружки) и В (черные кружки)

Твердый раствор:

Твердый раствор - однородное твердое тело, имеющее КР, построенную из атомов обоих компонентов: первый - растворитель, второй - растворимый.

- а) Твердый раствор замещения;
- б) Твердый раствор внедрения.



Расположение атомов в твердых растворах:

- а) Твердый раствор замещения;
- б) Твердый раствор внедрения.

Растворимость в твердый раствор:

1. Неограниченная - если твердый раствор получают при любом количественном соотношении элементов.
 2. Ограниченная - твердый раствор, получаемый при определенном количественном соотношении.
- + твердый раствор - хорошо закаливаются.

Химическое соединение (ХС)

Химическое соединение имеет новую КР, отличную от решеток исходных компонентов

+ Химическое соединение обладают высокой твердостью.

Механическая смесь (МС)

Механическая смесь - смесь зерен чистых компонентов, если компоненты не растворяются друг в друге и образуют отдельные КР.

+ Механическая смесь имеет высокие литейные свойства.

В некоторых сплавах находятся ТР + МС + ХС – это железоуглеродистые сплавы (сталь, чугун).

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.12/30

Порядок выполнения работы:

1. Изучить разделы «Диаграмма состояний железо-углерод» и «Изменение структуры стали при нагреве» (Филиппов В.А. Конструкционные и электро-технические материалы (с. 22-25, 33-34).
2. Изучить диаграммы состояния железоуглеродных сплавов (смотреть приложение № 1, 2 к настоящим методическим рекомендациям).
3. Ответить на вопросы одного из 4 вариантов опроса (смотреть приложение № 3,4,5,6 к настоящим рекомендациям).

Содержание отчета:

1. Оформить ответы на предложенные вопросы (вопрос - однозначный ответ)
2. Описать режимы фаз и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов

Приложение № 1

СПЛАВЫ Fe-C. ДИАГРАММА СОСТОЯНИЙ Fe-C

Основные понятия:

1. Система: совокупность фаз, находящихся в равновесии при определении Т;
Р:

- а) простая (из одного компонента);
- б) сложная (из нескольких).

2. Фаза:

Однородная по химическому составу, кристаллическому строению и свойствам часть системы, отделенная от других частей системы поверхностью раздела. (Фазы: Ме, неМе, жидкие, ТР, ХС).

Пример: однофазная система - однородная жидкость; двухфазная - МС.

3. Компоненты:

Вещества, образующие систему.

Пример: элементы (Ме, неМе или устойчивые ХС).

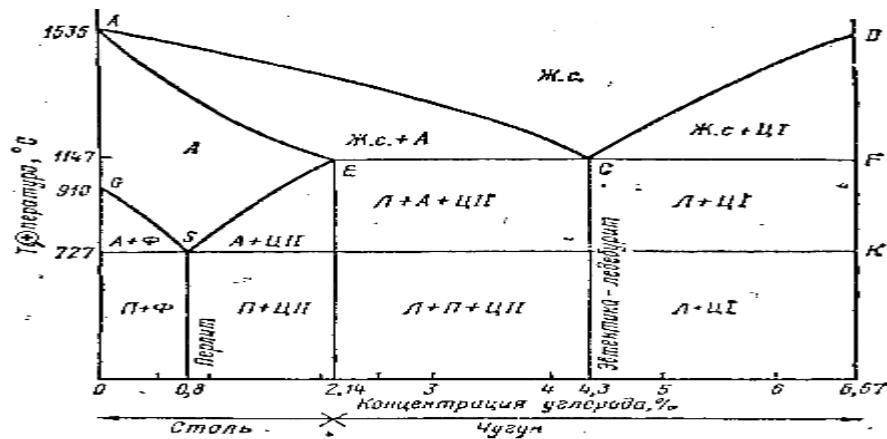


Рис. 1 Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

4. Диаграмма состояний:

Графическое изображение фазового состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации в условия равновесия.

5. ДС (Fe-C):

Процессы кристаллизации (сталь, чугун); превращения в их структурах, полученные при медленном охлаждении от расплава до комнатной температуры.

АСД - линия ликвидуса - начало кристаллизации;

АС - линия кристаллизации аустенита А;

СД - линия цементита (III) первичного;

АЕСF - линия солидуса, ниже которой сплавы Fe-C в твердом состоянии;

S - точка (0,8% С при 727 С) аустенитного распада и образования МС (Ф + II)

П - перлита (сталь называется эвтектоидной. Сталь, содержащая < 0,8%

С- доэвтектоидная, а > 0,8 % С - заэвтектоидной);

GS - линия распада А в доэвтектоидной стали с выделен. Ф;

SE - линия распада А в заэвтектоидной стали с выделен.

Ц II (когда осталось 0,8% С при 727° С перлит);

GSE - линия начала распада А. (при охлаждение.);

PSK - (727 ° С - линия конца распада А. При охлаждении или линия перлитных превращений.

Структура сплавов Fe-C (стали)

Аустенит - ТР углерода в Fe (имеет растворимость С до 2% при 1147 С, не магнитен, пластичен, прочен, НВ 170-220);

Феррит - ТР углерода в Fe (существует в стали до 727 С, С max = 0,02%, С min = 0,006% при комнатной температуре; мягок; НВ = 80-100);

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.14/30

Цементит - (Fe - C) - ХС (С max =- 6,67 %; НВ= 700-800);

Перлит - Мс Ф+Ц (содержит 0,8% С, существует в стали при Т-ре<727 С):

а) пластинчатый;

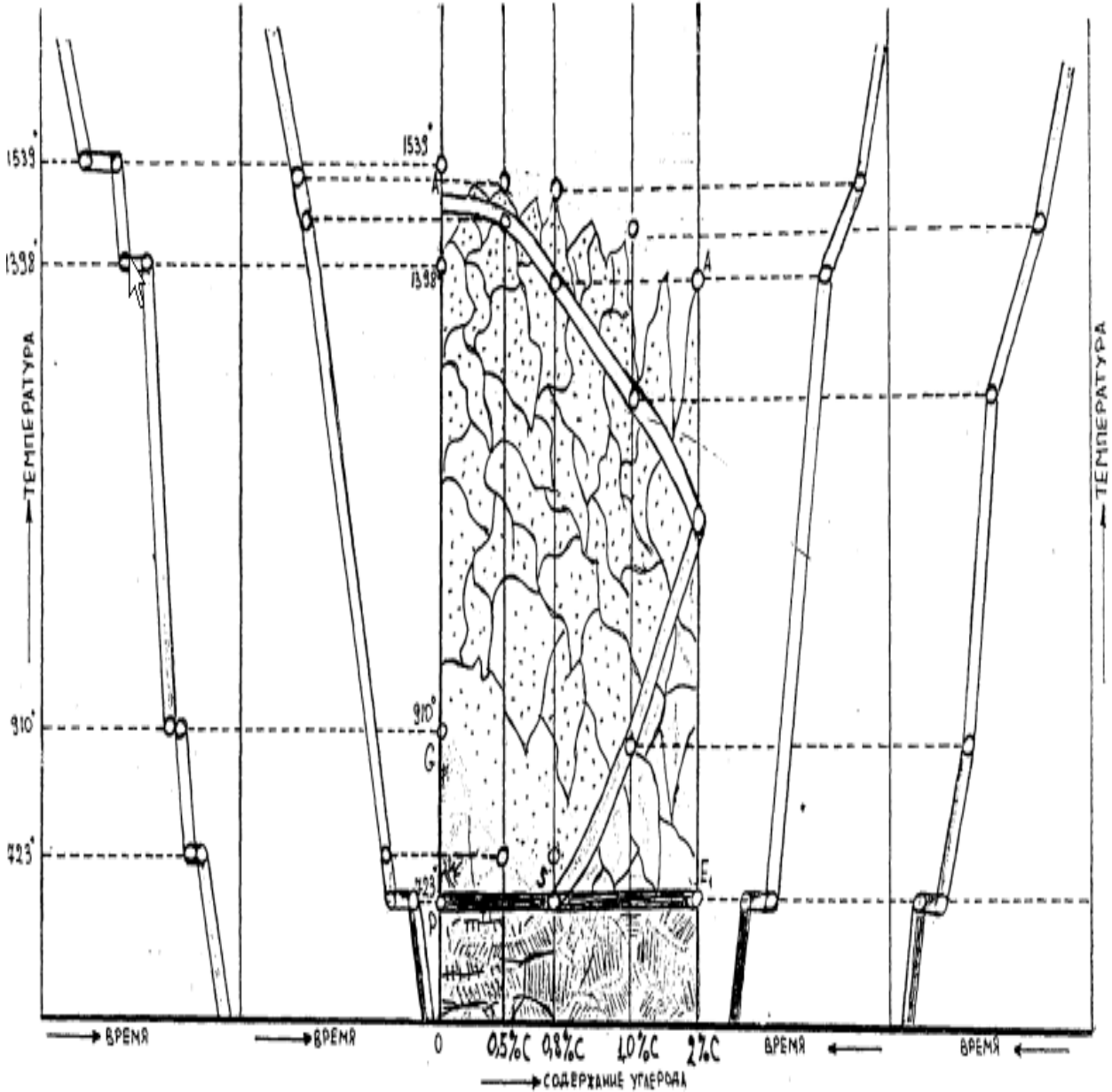
б) зернистый.

Приложение 2

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ (ОБЛАСТЬ СТАЛЕЙ)

КРИВЫЕ ОХЛАЖДЕНИЯ
ЖЕЛЕЗА
СПЛАВА
С СОДЕРЖАНИЕ 0,3% УГЛЕРОДА

КРИВЫЕ ОХЛАЖДЕНИЯ
СПЛАВА
С СОДЕРЖАНИЕ 0,8% УГЛЕРОДА
СПЛАВА
С СОДЕРЖАНИЕ 1,5% УГЛЕРОДА



- | | | | | |
|--|--|--|--|---|
| <p>ЛИНИЯ ПРЕВРАЩЕНИЙ
В ЖЕЛЕЗЕ ПРИ
ОХЛАЖДЕНИИ</p> <p>ЖИДКОЕ СОСТОЯНИЕ
МЕТАЛЛА</p> <p>ОТВЕРЖДЕНИЯ Fe</p> | <p>АУСТЕНИТ</p> <p>ЛИНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
ФЕРРИТА</p> <p>ЛИНИЯ НАЧАЛА
ВЫДЕЛЕНИЯ
ФЕРРИТА</p> | <p>ФЕРРИТ</p> <p>ЛИНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
ФЕРРИТА</p> <p>ЛИНИЯ ПОЛНОГО
ЗАТВЕРЖДЕНИЯ
АУСТЕНИТА</p> | <p>УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ</p> <p>ПЕРЛИТ-ФЕРРИТ</p> <p>ПЕРЛИТ</p> <p>ЛИНИЯ ПЕРЛИТНОГО
ПРЕВРАЩЕНИЯ</p> <p>ЛИНИЯ АУСТЕНИТНОГО
ПРЕВРАЩЕНИЯ</p> | <p>ПЕРЛИТ-ЦЕМЕНТИТ</p> <p>ЦЕМЕНТИТ</p> <p>ЛИНИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
ЦЕМЕНТИТА</p> <p>ПЕРЛИТ</p> |
|--|--|--|--|---|

Вариант № 1

1. Каким важным свойством обладают железоуглеродистые сплавы?	1. Они способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах.
	2. Они в зависимости от содержания углерода, температуры нагрева и скорости охлаждения способны иметь разные структуры.
	3. У этих сплавов физико-механические свойства изменяются по плавным кривым.
2. Чем характеризуются аллотропические превращения в железоуглеродистых сплавах?	1. Они всегда сопровождаются выделением теплоты при охлаждении и поглощением скрытой теплоты при нагреве.
	2. Характеризуется упорядоченным расположением атомов.
	3. Характеризуется изменением кристаллических решеток сплавов.
3. Что представляет собой аустенит?	1. Химическое соединение железа в углеродом.
	2. Эвтектическая смесь перлита и цементита.
	3. Твердый раствор внедрения углерода в у Fe.
	4. Твердый раствор замещения углеродом железа.
4. Какова температура плавления железа?	1. 1600 °С
	2. 1539 °С
	3. 1390 °С

Вариант № 2

1. Чем характеризуются механические смеси?	1. Повышенной твердостью, хрупкостью.
	2. Проникновением атомов растворяющегося элемента в кристаллическую решетку растворителя.
	3. Мельчайшей смесью кристаллов, не растворяющихся в твердом состоянии.
2. Что представляет собой феррит?	1. Твердый раствор внедрения углерода в железе с предельной концентрацией 0,02 при 727 С и 0,006% при нормальной температуре.
	2. Твердый раствор внедрения углерода в Железе с гранецентрированной кубической решеткой.
	3. Химическое соединение железа с углеродом, содержащее 6,67 С.
3. Чему соответствует линия ликвидус?	1. Концу затвердевания сплавов.
	2. Началу выделения из жидкого сплава кристаллов первичного цементита.
	3. Началу затвердевания сплавов.
4. Что обозначает точка А на диаграмме состояния сплавов?	1. Температуру плавления цементита 1600 С
	2. Температуру плавления и образования ледебурита 1147 С.
	3. Температуру плавления и затвердевания чистого железа 1539 С.

Вариант № 3

1. Какие структурные составляющие сплавов, получающиеся при образовании некоторых сплавов, имеют постоянный состав, особую кристаллическую решетку и особые физико-химические свойства?	1. Твердые растворы.
	2. Химические соединения.
	3. Механические смеси.
2. Что представляет собой ледебурит?	1. Эвтектоидную смесь зерен цементита и аустенита, предельно насыщенного углеродом.
	2. Твердый раствор внедрения углерода в железе.
	3. Эвтектическая смесь зерен цементита и аустенита, предельно насыщенного углеродом.
3. Что показывает линия ДС диаграммы состояния сплавов железа с углеродом?	1. Границу раздела жидкой и переходной фаз.
	2. Конец выделения цементита из жидкости и образование ледебурита из жидкости.
	3. Начало выделения цементита из жидкости.
4. Что показывает точка С на диаграмме?	1. Плавление, образование ледебурита
	2. Магнитное превращение.
	3. Температуру плавления и затвердевания цементита.
	4. Минимальное растворение углерода в аустените.

Вариант № 4

1. Каким структурным составляющим сплавов свойственны повышенные твердость, хрупкость и	1. Химическим соединениям
	2. Механическим смесям.
	3. Твердым растворам.
2. Что представляет собой цементит?	1. Твердый раствор внедрения углерода в железо с <u>гранецентрированной решеткой</u> .
	2. Эвтектоидную смесь зерен цементита и феррита.
	3. Химическое соединение железа с углеродом содержащее 6,67 % углерода.
3. Чему соответствует точка Е на диаграмме состояния сплавов?	1. Минимальному растворению углерода в аустените. %
	2. Максимальному растворению углерода в аустените.
	3. Магнитному превращению.
4. Чему соответствует линия АС диаграммы состояния сплавов?	1. Концу выделения аустенита из жидкости.
	2. Образованию перлита из аустенита.
	3. Концу выделения феррита из аустенита.
	4. Началу выделения аустенита из жидкости.

РАЗДЕЛ 3 ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛЫ

Тема 3.1 Проводниковые материалы

Практическое занятие № 4 Изучение электрических характеристик проводниковых материалов

Цель: Изучение электрических характеристик различных категорий материалов относящихся к проводниковым.

Теоретические сведения:

Классификация проводниковых материалов (ПМ)

По составу:

- чистые;
- сплавы.

По проводимости:

- хорошие проводники;
- плохие проводник, (висмут, сурьмы, мышьяк);

Для чистых:

1. Чистые имеет малое R.
2. С ростом температуры у проводниковых материалов R –увеличивается.

$R = R_{t_1} (1 + Lt)$ где, R_{t_2} и R_{t_1} удельное сопротивление при соответствующих температурах;

L – температурный коэффициент. Удельного R;

t = (t_2 и t_1) - повышение температуры.

3. Для многих чистых $M = 4 \cdot 10$.
4. R и L изменяются в зависимости от содержания примесей 0 от 100 %.
5. при температуре абсолютного нуля (- 273) R = 0.

Сверхпроводимость:

Явление:

- Ниобия при 9,22 К.
- R = 0 у свинца при 7,26 К. ($t = T - 273$)/
- Ванадия при 1,14 К.

6. При температурах выше (- 273) R (но = 0)

Гиперпроводимость:

Явление:

R (но = 0) у Берилия при T = 77 К, R = 1 (ном м).

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.19/30

Электрические характеристики проводниковых материалов

1. удельное электрическое сопротивление:

$$R_{t_2} = R_{t_1} (1 + \alpha t) \text{ (Ом м)}$$

2. Температурный коэффициент удельного сопротивления ТК R или L

$$(L) \text{ ТК R} = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (t_2 - t_1)}; 1/^\circ\text{C}$$

у проводников $\text{TK} > 0 \Rightarrow 0$ температуре R

Влияние сплавов на R:

Любые металлы и неметаллы повышают R – плохо.

Рост R вызывают:

1. Механическая смесь:

M отличаются друг от друга объемами (висмут - хром) своих атомов и t плавления.

2. Твердые растворы:

если сплаваемые (медь и никель) Me имеют объемы атомов, отличающихся друг от друга не более чем на 15 % при однотипных кристаллических решетках.

3. Химические соединения:

(марганец + цинк) кристаллических решетка искажается от пластических деформаций (прокатка, волочение, отжиг) приводит к первоначальной величине L

В практическом применении к проводниковым материалам относятся следующие категории материалов:

1. Проводниковые материалы с малым удельным сопротивлением.

2. Проводниковые материалы с высоким удельным сопротивлением.

3. Проводниковые материалы, используемые в электрических контактах (Контактные материалы).

4. Проводниковые материалы, используемые в электротокосъемных устройствах (Угольные материалы)

5. Проводниковые материалы, используемые в качестве связывающего вещества при пайке (Припой).

Порядок выполнения работы:

1. Изучить сравнительные электрические свойства проводниковых материалов (Березин Б.М. "Материаловедение"- с. 45-64; Филиков В.А. "Конструкционные и электротехнические материалы" - с. 111-132)

2. Изучить сравнительные электрические свойства проводниковых материалов (смотреть приложение № 1,2,3,4,5 к настоящим методическим рекомендациям, плакат "Классификация и области применения электротехнических материалов")

3. Решить задачу с определением электрических параметров цепи, состоящей из проводниковых материалов.

Содержание отчёта:

1. Электрический расчёт предложенного варианта задачи
2. Составить сравнительную таблицу 20 металлов (начиная с серебра) по возрастающей величине удельного электросопротивления по параметрам согласно приложению № 1 к настоящим методическим рекомендациям.

Приложение № 1

**МАТЕРИАЛЫ С МАЛЫМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ
(ИЛИ С ВЫСОКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ)**

Свойства металлов	Медь (Cu)	Алюминий (Al)	Требования к материалом по сравнению с другими	Применение этих материалов
Удельное электрическое сопротивление (Ом*мм)	0,01682	0,02828	Меньше удельное сопротивление	Все возможные обмотки электрической машин, аппаратов, приборов, провода в качестве проводников: чистая электрическая медь М1 (чистота 99.9 %) М0 (чистота 99.95 %) М00 (чистота 99.99 %)
Температурный коэффициент удельного сопротивления	0,0041	0,00403	меньший температурный коэффициент удельного сопротивления	
Плотность (кг/м)	8940	2703	Достаточно высокая механическая прочность	Электрический алюминий А00 (чистота 99.7 %) А0 (99.6 %) Ае (99.5%)
Температура плавления	1083	657	способность хорошо обрабатываться прокатной и волочением хорошо свариваются и спаиваются	

Приложение №2

Материалы с высоким удельным электросопротивлением, которые делятся на четыре группы. Это сплав, имеющие $\rho \Rightarrow 0,3 \text{ мк Ом}\cdot\text{м}$ (при нормальных условиях)

Группа № 1 (медно - никелевые)

1. Манганин (МНЦЗ -12), (Мц = 11,5 %; Ni + Co = 2,5 – 3,5 % ; 85 -89 % Cu; примеси =0,4 %)
2. Константан (1- 2 % Мц; 39 -41% Ni + Co, ост. Cu и примеси 0,9 %)
3. Нихром (основа –Fe, Cr = 15 -20 %, Ni =55 -78 %, Мц = 1,5 %)

СВОЙСТВА

Параметры	Манганин МНМц 3 -12	Константан МНМц – 1,5	Нихром Х20Н80	Нейзильбер МНЦ -15-20
Плотность при 20 С кг/м	8400	8900	8400	8700
Температура плавления, С	910- 960	1200 -1270	1380 - 1420	1080
Удельное электрическое сопротивление, при 20 С, мк Ом/м	0,40 – 0,52	0,45 – 0,52	1,02 – 1,12	0,30 – 0,32
Температурный коэффициент удельного сопротивления, С -1	(10-25)X, X10	20X10	(110 -130) X, X10	36X10
Предел прочности при растяжении, МПа	395 - 540	395 -638	686 - 735	350 -1100
Термо ЭДС в паре с медью мк В/С	0,9 -1,0	39 - 43		14,4
Относительное удлинение при разрыве, %	10 -15	10-20	10 -18	3 -30

Требования:

1. Стабильность « ρ » во времени, 1 ТКр;
2. Механическая прочность

Примечание:

Точные электроизмерительные приборы, образцовые сопротивления, судовых нагревательная аппаратура, нагрузочные реостаты

Примечание: Сравни 1 и 2: 1 и 3.

Группа № 2 (медно - никелевые +Zn)

1. Нейзильбер (МНЦ 15-20)(18-20 % Zn: 13,5 – 16 % Ni + Co; остальные Cu, примеси + 0,9 %)

Внешне – серебро (смотрите таблицу)

1. механические характеристики
2. пластичен
3. коррозионная стойкость
4. стоимость (Zn)

Применение:

Контактные пружины, реостаты. Требования (см. 1 группа)

Сравни: 1 и 4; 2 и 4; 3 и 4.

Группа № 3 (жаростойкие) (система Fe – Cr - Al)

1. Фехрالي 0,7 Мц; 0,6 Ni
2. Хромали 12-15% Cr ; 3,5 – 5,5 Al остальное Fe

СВОЙСТВА

Марка сплава	температура плавления	плотность кг/м	удельное электрическое сопротивление при 20 С мк Ом*м	Температурного удельный коэффициент электрического сопротивления Х10	относительное удлинение при разрыве %	рабочая температура С не более
X13Ю41	1500	7300	1,18 – 1,34	100 - 120	20	900
X23Ю5	1500	7250	1,30 -1,40	65	10-15	1200

Группа	Диаметр проволоки в мм	Удельное электросопротивление при 20 С Ом*мм/м	Рабочая температура нагревательного элемента, предельная	С оптимальная
Фехрالي и хронали	0,2 -10	1,26	850	750
	6,0 -10	1,3	900	850
	0,3 -10	1,3	100	950
	6,0 -10	1,4	1150	1000
	0,3 -10	1,4	1200	1100

Требования:

Стойкость к химическому разрушению при работе изделий на высоких температурах

Применение:

Проволока, лента, прутки (т.к хорошо сваривается и выдерживают механические нагрузки при высокой температуре)

Группа № 4 (сплавы для термопар)

Сущность термо ЭДС:
 между П1 и П2 при их соприкосновении возникает контактная разность потенциалов

если $T_1 \neq T_2 \rightarrow U_{1.2} + U_{2.1}$
 если $T_1 = T_2 \rightarrow$ термо ЭДС (Е) пайка термопара = П1 сварка П2 \rightarrow для измерительной температуры

Сплавы для термопар:

Копель	(56% Cu + 44% Ni)
Алюмель	(95 % Ni +Al Si Mn)
Хромель	(90 % Ni + 10 % Cr)
Платинородий	(90% Pt+ 10 % Cr)
Константан	(60 % Cu + 40 % Cr)

Примечание:

1. Cu – константа; Cu- копель \rightarrow 350.
2. Fe – константан; Fe – копель; хромель – копель \rightarrow 600.
3. Хромель – алюмель \rightarrow 900 -100 С.
4. Платинородий – Pt \rightarrow до 1600 С.

Приложение №3

Контактные материалы (электрические контакты)

Электрические контакты поверхность соприкосновения токоведущих элементов или конструктивные приспособления с высокой электропроводимостью.

По условиям работы

А) Неподвижные:

Зажимные (болты, винты, зажимы)

Покрываемые поверхностей контакта мягкими коррозионными Me (Ni, Zn, Сg) и зачистка их шлифовкой

Чем меньше «р» ,чем контакты мягче, ь тем переходное R выше

В) Разрывные - для периодического замыкания и размыкания электрической цепи.

Маломощные (слаботочные) - платиноиды и сплавы на их основе:

++ не окисляются (не образуют сернистых пленок)

+ высокая прочность, твердость

+ высокая электрическая теплопроводность

- дорогостоящие

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.24/30

Драгоценные металлы(кроме Ag)- для контактов в виде тонких гальванических покрытий, нанесенных на детали из Бронзы, Меди , латуни и д.р.

Мощные (сильноточные) – Ме – керамические композиции на основе Ag, Cu. (Ag – окись Сg, Ag - Ni)

Ag или Cu – высокая электрическая проводимость и высокая теплопроводимость контакта + тугоплавкая – высокая стойкость к механическому износу.

Фаза:

1 способ:

Твердофазное спекание спрессованных из порошков заготовок.

2 способ:

Пропитка серебром или медью от прессованных пористых каркасов из W или сплава W-Ni

Применение: А.Б.

Низковольтное аппаратостроение (автоматические выключатели) дуговые контакты в воздушных выключателях высоко - и низко - вольтных устройств.

Приложение№ 4

УГОЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основы электротехнических угольных материалов — графит, уголь разновидности почти чистого углерода, являющиеся полупроводниками.

Угольные материалы:

- 1) щетки для электрических машин
- 2) угольные электроды
- 3) осветительные угли
- 4) непроволочные сопротивления
- 5) микрофонные порошки
- 6) части гальванических элементов
- 7) детали электровакуумных приборов (сетки, аноды)

Классификация 2

1. обожженные
2. графитинированные

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.25/30

3. самоспекающиеся

Изготовление 2

3 компонента:

- литейный кокс антрацит термоантрацит
- + большая твердость операция графитинирования
- + удельное сопротивление
- + меньшая хрупкость
- + высокая химическая стойкость

Графит - природный ископаемый, кристаллический материал с содержанием углерода 90% и выше, температуры плавления 3900С, при допуске кислорода и температуре окисляется; кристаллическая решетка →слоистое строение. Малая твердость.

Производство угольных материалов сырья:

1. Коксы-продукты термического разложения углей; каменноугольных смол, нефти, торфа.
2. Антрациты.
3. Сажи, получаемые из ацетилена путем термообработки.

Производство:

Измельчение углеродистого сырья, (каменноугольные смолы), формирование, обжиг (для 1 вводят медный или бронзовый порошок). Обжигание в печах в процессе работы по мере обгорания.

Классификация 3

1. прожекторная
2. проекционные
3. светокопировальные
4. спектральные

Производство 3

Кокс + графит + сажа в виде цилиндрических стержней

Классификация 4

1. поверхностные
2. объемные

Щетки для электрических машин:

Т, УГ – угольно графитные;

Г – графитные

ЭГ – электро - графитированные

МО-26 02 06-ОП.06.РП	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ	С.26/30

М, МГ – медно - графитовые

БГ – бронзо - гафитные

Приложение № 5

Припой - это чистые металлы или сплавы, применяемые в качестве связывающего вещества при пайке металлических частей.

Выбор припоя: $T_{плп} < T_{плме}$

Классификация:

1. Легкоплавкие (с выше 500°C)
2. Тугоплавкие (ниже 500°C)

Маркировка припоев:

1. Буквы: П – припой, О- олово, Су – сурьма, С –свинец, М – медь, СР – серебро, А –алюминий, Зл – золото, Ви – висмут, Кр – кремний, К – кадмий.

2. Цифры – процент содержания массы основного металла в припое

Флюсы – Это твердые порошкообразные вещества (бура, Борная кислота, канифоль и др.) или жидкости (водный раствор ZnCl, спиртовой раствор канифоли), служащие для очистки поверхности металлов и для предохранения поверхности металла от окисления в процессе пайки.

Классификация:

1. Флюсы для пайки мягкими припоями
2. Флюсы для пайки твердыми припоями

МЯГКИЕ ПРИПОИ

Марка припоя	Состав припоя %	Температура плавления С	Разрушающее напряжение прирастяжении н/м	Область применения
	Олово чистое	232	5*10	Пайка и лужение меди, латуни и бронзы с образованием коррозионно-стойких швов и покрытий
ПОС90	Олово 89-91 свинец 11-9	220	4,9*10	Пайка и лужение медных проводов и частей из латуни и бронзы с образованием герметичных швов
ПОССУ-40-2	олово 39- 41 сурьма 2 свинец - остальное	229	4,3*10	
ПЗОО	Цинк 60 Кадмий 40	300	3,5*10	Пайка проводов и деталей из алюминия и алюминиевых сплавов

ТУГОПЛАВКИЕ ПРИПОИ

Марка припоя	Состав припоя %	Температура плавления С	Разрушающее напряжение Н/М	Область применения
ПС-72	Серебро 72 Медь 28	779	36*10	Пайка токопроводящих деталей из меди латуни, бронзы и других металлов, кроме алюминия
ПМЦ-54	Медь 54 Цинк 46	880	26*10	Пайка деталей из меди, латуни, бронзы, и стали с образованием хрупких швов
34-А	Алюминий 66 Медь 28 Кремний 6	525	18*10	Пайка деталей из алюминия и его сплавов с образованием швов с повышенной механической прочностью

Тема 3.2 Полупроводниковые материалы Практическое занятие № 5 Изучение электрических характеристик полупроводниковых материалов

Цель: Изучение электрических характеристик полупроводниковых материалов.

Методические рекомендации по выполнению.

Задачи работы:

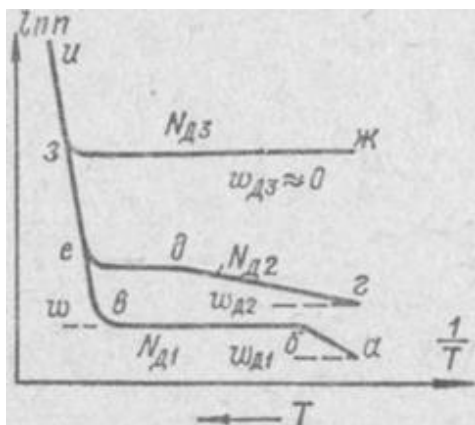
Изучить классификацию, маркировку и назначение, полупроводниковых приборов. Методы определения типа электропроводности П/П материалов.

Теоретические сведения:

Температурная зависимость концентрации носителей заряда.

В широком диапазоне температур и для различного содержания примесей имеют место температурные зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике «n-типа, изображенные на рис. 8-4. В области низких температур участок нижней ломаной между точками а и б характеризует только концентрацию

носителей, обусловленную примесями. Наклон прямой на этом участке определяется энергией активации примесей $w_{д1}$. С увеличением температуры число носителей, поставляемых примесями, возрастает, пока не истощатся электронные ресурсы примесных атомов (точка б). На участке б-в примеси уже истощены, а перехода, электронов через запрещенную зону еще не обнаруживается. Участок кривой с постоянной концентрацией носителей заряда называют областью истощения примесей. В дальнейшем температура настолько велика, что начинается быстрый рост концентрации носителей вследствие перехода электронов через запрещенную зону (участок в-и).



Наклон этого участка характеризует ширину запрещенной зоны полупроводника Δw . Угол наклона участка а-б зависит от концентрации примесей $N_{д1}$, потому что энергия активации примесных атомов определяется их взаимодействием.

Рис. 8-4. Типичные зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике от температуры

Воздействие света на электропроводность полупроводников

Световая энергия, поглощаемая полупроводником, вызывает появление в нем избыточного (по сравнению с равновесным при данной температуре) количества носителей зарядов, приводящего к возрастанию электропроводности.

Выполнение практической работы.

1. Сделать анализ работы термосопротивления, измерить и сравнить величину сопротивления полупроводника при изменении температуры.
2. Сделать анализ работы фотосопротивления, измерить и сравнить величину сопротивления полупроводника при изменении потока света.

Для выполнения работы необходимо иметь:

- 1.термосопротивления - 2 шт.
- 2.фотосопротивление - 2 шт.
- 3.омметр - 1 шт.

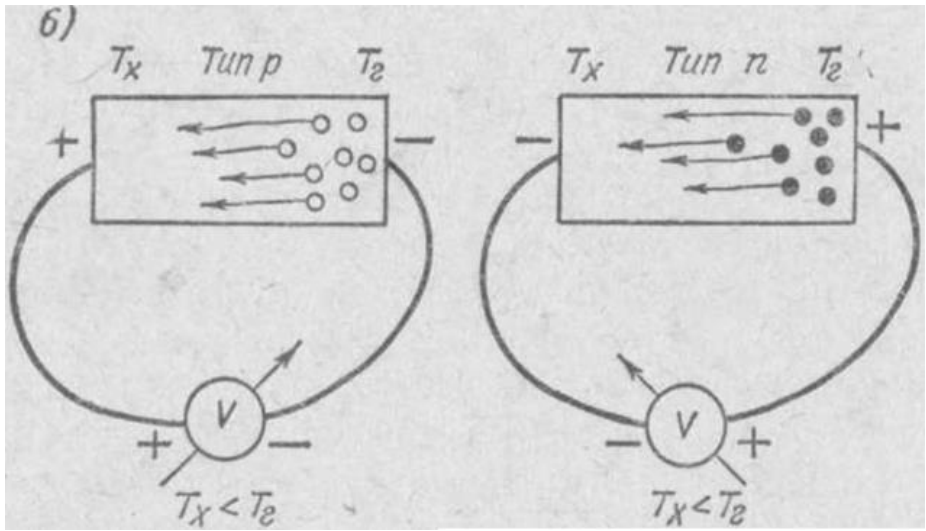


Рис.1 - Определение типа электропроводности полупроводников при помощи нагрева одного из концов испытуемого полупроводника

Список используемых источников

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Черепахин А. А. Материаловедение: учебник / А. А. Черепахин. - 8-е изд., испр. и доп. - М.: Академия, 2020. 2. Черепахин А.А. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебник / А. А. Черепахин, И. И. Колтунов, В. А. Кузнецов. - М.: КНОРУС, 2020.
Дополнительные,	<ol style="list-style-type: none"> 3. Малышев Л.А. Электротехнические материалы [Текст]: учебное пособие. Ч. 1. Судовые кабели / Л.А. Малышев, О. Н. Лазарев, Н. А. Лосев. - СПб.: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2016. 4. Бондаренко Г.Г. Материаловедение : учебник для сред. проф. образования / ред. Г. Г. Бондаренко. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2017.
Электронные образовательные ресурсы	<ol style="list-style-type: none"> 1. ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru 2. ЭБС « ЮРАЙТ»https://www.biblio-online.ru 3. ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru 4. Издательство «Лань», https://e.lanbook.com 5.Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»,https://www.biblioclub.ru