

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронной техники и технологии

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для студентов специальности
«Медицинская электроника»
заочной формы обучения

МИНСК 2005

УДК 669.017 (075.8)
ББК 30.3 я 73
К 65

С о с т а в и т е л и:
Г.М. Шахлевич, В.В. Баранов, В.Ф. Холенков

К 65 **Конструкционные** и электротехнические материалы средств медицинской электроники: Метод. указания и контр. задания для студ. спец. «Медицинская электроника» заоч. формы обуч. / Сост. Г.М. Шахлевич, В.В. Баранов, В.Ф. Холенков. – Мн.: БГУИР, 2005. – 22 с.
ISBN 985 – 444 – 762 – 6

В работе представлены тематика лабораторных занятий, список литературы, рекомендации по изучению дисциплины и выполнению контрольных заданий, их варианты.

УДК 669.017(075.8)
ББК 30.3 я 73

ISBN 985 – 444 – 762 – 6

© Шахлевич Г.М., Баранов В.В.,
Холенков В.Ф., составление, 2005
© БГУИР, 2005

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Материаловедческая подготовка студентов к изучению базовых конструкторско-технологических дисциплин, охватывающих компьютерное проектирование и производство средств медицинской электроники (СМЭ) с использованием широкой номенклатуры современных конструкционных и электротехнических материалов с оптимальными функциональными, технологическими и эксплуатационными характеристиками.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Основные задачи изучения дисциплины состоят в следующем:

- получить представление о важной роли материалов в производстве конкурентоспособных СМЭ;
- овладеть физико-химическими основами материаловедения;
- изучить основные свойства материалов с учетом их строения и технологических условий формирования изделий;
- ознакомиться с основными группами конструкционных и электротехнических материалов, используемых для изготовления СМЭ, в том числе с материалами, имеющими особые свойства;
- получить навыки обоснованного выбора материалов для конкретных деталей и узлов СМЭ в соответствии с заданными техническими требованиями и особенностями эксплуатации готового изделия.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- физико-химические основы материаловедения;
- классификацию и основные механические и электрические свойства электротехнических и конструкционных материалов;
- влияние методов обработки на свойства материалов;

уметь:

- осуществлять выбор материалов применительно к заданному типу конструкции СМЭ;
- выбирать основные технологические способы управления свойствами материалов с учётом их состава и структуры;

иметь представление:

- о возможностях методов испытания и контроля материалов;
- о стандартах в области материаловедения.

1.3. Место дисциплины в учебном плане

Базовыми для данной дисциплины служат курсы физики и химии, в частности такие разделы, как «Электромагнитные колебания и волны», «Зонная теория строения твердых тел», «Контактные явления», «Основы коррозии металлов», «Реакции полимеризации и поликонденсации» и др.

В свою очередь дисциплина «Конструкционные и электротехнические материалы средств медицинской электроники» служит основой для таких курсов учебного плана, как «Технология деталей СМЭ», «Элементная база СМЭ», «Конструирование СМЭ», «Технология СМЭ», «Микроэлектронные схемы и микротехнологии в СМЭ» и др.

2. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Предмет, основные задачи и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами специальности. Библиография. Нормативные документы, определяющие требования к материалам СМЭ. Специфика требований к материалам СМЭ и особенности материаловедения для нужд медицинской электроники. Технологический прогресс в производстве и обработке материалов. Важнейшие категории дисциплины: вещество и материал, состав, структура и свойства материалов. Классификация свойств материалов СМЭ. Физико-химические (функциональные и технологические) и потребительские свойства материалов. Особенности конструкционных и электротехнических материалов. Структурно-чувствительные и структурно-устойчивые свойства материалов. Эталонные материалы. Достижения и ближайшие перспективы биотехнологии.

[1, с.5 – 7; 2, с.11 – 15; 4, с.5 – 11; 8, с.10 – 14; 9, с.5 – 1, 26 – 32]

2.1. Физико-химические основы материаловедения

Тема.1. Основы строения и агрегатное состояние вещества. Дефекты кристаллической структуры. Методы исследования структуры кристаллических материалов.

Особенности химической связи различных видов: ионной, ковалентной, металлической. Гибридизация. Агрегатное состояние вещества: газ, жидкость, твердое тело. Строение твердых тел: аморфные, стеклоподобные, кристаллические. Использование в СМЭ газовых и жидких сред.

Кристаллическая решетка, ее типы и параметры. Обозначения плоскостей и направлений. Поли- и изоморфизм. Классификация дефектов кристаллического строения (точечные, линейные, двумерные и объемные). Разновидности дефектов каждого вида, их природа и источники образования. Вектор Бюргера дислокаций. Перемещение дислокаций при деформации материалов и

их взаимодействие между собой и с другими видами дефектов. Понятие микро- и макроструктуры.

Общая классификация методов исследования структуры кристаллических материалов. Оптическая и электронная микроскопия. Дифрактометрические методы исследования структуры: интерферометрия в оптическом диапазоне, рентгено- и электронография. Основные разновидности рентгенографических методов, представление об обратной решетке, системы фокусировки отраженного рентгеновского пучка, возможности современных рентгеновских дифрактометров. Представления о спектроскопических методах анализа химического строения (по ИК-спектрам поглощения, Оже-электронный анализ, методы спектроскопии вторичных ионов, резерфордовского обратного рассеяния ионов гелия).

[1, с.7 – 24; 4, с.11, 15 – 34; 5, с.11 – 16, 26 – 38; 6, с.36 – 49, 62 – 94; 10, с.623 – 626; 11, с.5 – 54]

Тема 2. Кристаллизация металлов и сплавов

Кристаллизация как фазовый переход. Механизмы зарождения и роста кристаллов, параметры процесса. Изменение свободной энергии Гиббса. Понятие о критическом зародыше, его размер с учетом переохлаждения расплава для случая гомогенного образования. Факторы, влияющие на процесс гетерогенного зародышеобразования (степень переохлаждения и перегрев расплава, колебания в затвердевающей жидкости, наличие макропотоков, сильные электрические или магнитные поля) и роста. Представление о двухмерном зародыше. Влияние размера зерен на электрические и механические свойства металлов и сплавов, модифицирование их структуры, разновидности модификаторов. Дендритный рост; факторы, влияющие на макроструктуру слитков. Перераспределение примесей при затвердевании, коэффициент распределения. Зональная и обратная ликвация; факторы, влияющие на степень проявления последней. Способы устранения ликвации: нормальная кристаллизация и зонная плавка.

[1, с.24 – 37; 4, с.75 – 81; 5, с.37 – 49; 6, 46 – 83]

Тема 3. Строение сплавов. Диаграммы состояния

Представления о компонентах и фазовых составляющих сплавов. Типы фаз двойных сплавов: механические смеси, твердые растворы и химические соединения. Разновидности твердых растворов (растворы замещения, внедрения и вычитания) и химических соединений (электронные соединения, фазы Лавеса, упорядоченные твердые растворы, фазы внедрения, s-фазы). Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов, построенные с учетом изменения свободной энергии Гиббса при понижении температуры от точки плавления – для системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии, для системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердом состоянии (диаграммы эвтектического и перитектического типов), для системы с промежуточными фазами (химическими соединениями) и для системы с превращением в твердом состоянии. Определение числа степеней

свободы из правила фаз, количества жидкой и твердой фазы в двухфазных областях по правилу рычага. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем.

[1, с.37 – 67; 4, с.86 – 102; 5, с.90 – 107, 205 – 230; 4, с.113 – 210; 11 – т.2]

Тема 4. Механические свойства материалов. Механические испытания. Пластическая деформация и рекристаллизация металлических конструкционных материалов

Перечень характеристик механических свойств, зависящих от состава и структуры материала и в свою очередь определяющих его технологические свойства. Основные характеристики: предел прочности, модуль нормальной упругости, коэффициент удлинения, модуль сдвига, модуль объемного сжатия, относительное изменение объема, коэффициент Пуассона. Обобщенный закон Гука, связь между упругими константами.

Классификация методов механических испытаний. Основы статических методов испытания: на растяжение, сжатие, изгиб, кручение; измерение твердости и др. Схемы испытаний, применяемые образцы, источники погрешностей. Границы применения методов измерения твердости по Бринеллю, Мейеру, Виккерсу, Роквеллу, царапанием, по Шору. Динамические методы испытания: ударные испытания на маятниковых и крутильных копрах (представление о критической температуре хрупкости), на усталостную выносливость. Определение механических напряжений в пленочных покрытиях.

Пластическая деформация и ее механизмы на стадиях легкого скольжения дислокаций, стадии упрочнения и стадии возврата. Образование полос деформации и текстуры. Виды отжига наклепанных металлических материалов: предрекристаллизационный и рекристаллизационный отжиг. Процессы, протекающие на стадиях возврата, полигонизации и роста субзерен, а также на стадиях первичной, собирательной и вторичной рекристаллизации. Диаграмма рекристаллизации. Холодное и горячее деформирование.

[1, с. 87 – 117; 2, с. 5 – 115; 3, с. 7 – 341; 4, с. 35 – 44, 110 – 113, 223 – 227; 5, с. 141 – 187; 8, с. 352 – 364, 536 – 553; 9, с. 159 – 174; 12, с. 22 – 52]

Тема 5. Электрические свойства материалов

Классификация материалов по электрическим свойствам на основе зонной теории на проводники, полупроводники и диэлектрики. Электропроводность металлов и собственных полупроводников, влияние подвижности носителей заряда. Электросопротивление на низкой и высоких частотах. Удельная электропроводность и электросопротивление; температурный коэффициент сопротивления, удельное поверхностное и контактное сопротивление. Поведение материалов во внешних электрических полях. Явление электромиграции в металлах. Поляризация в диэлектриках. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость, поляризация в сегнетоэлектриках. Диэлектрические потери: величина потерь, связь $\operatorname{tg} \delta$ с активной и реактивной составляющими. Виды и механизмы пробоя в диэлектриках (теплового, электрического,

поверхностного, ионизационного, электрохимического). Влияние строения материалов – дефектов в полупроводниках и диэлектриках, электронной структуры в металлах – на их электрические свойства. Размерные эффекты при протекании тока в твердотельных структурах.

[4, с. 51 – 57; 6, 46 – 83; 8, с. 231 – 292; 9, с. 46 – 53]

Тема 6. Магнитные материалы

Основные магнитные свойства и характеристики материалов: намагниченность (момент в единице объема), магнитная восприимчивость. Классификация материалов по магнитным свойствам на диа-, пара-, ферро-, антиферро- и ферромагнетики. Примеры, влияние температуры. Особенности магнитных пленок.

Магнитомягкие материалы: технически чистое железо и низкоуглеродистые стали, электротехническая сталь, пермаллой, альсиферы, магнитодиэлектрики, ферриты СВЧ- и с прямоугольной петлей гистерезиса. Магнитострикционные металлы и сплавы. Магнитотвердые материалы: легированные мартенситные стали, литые высококоэрцитивные сплавы, магниты и порошки, магнитотвердые ферриты. Термомагнитные материалы. Материалы для сверхпроводниковых магнитов, используемых в магниторезонансных томографах.

[2, с. 181 – 316; 4, с. 223 – 227; 8, с. 352 – 396; 9, с. 159 – 249, 536 – 563; 10, с. 448 – 449]

Тема 7. Триботехнические свойства и коррозионная прочность материалов

Износостойкость материалов и механизм процесса изнашивания. Роль коэффициента трения. Разновидности механического, коррозионно-механического и электроэрозионного износа. Три основные стадии процесса износа трущихся поверхностей. Испытания на износ, предел усталостного выкрашивания, предел контактной выносливости. Пути повышения износостойкости с учетом механических свойств, определяемых статическими и динамическими испытаниями, и с учетом структуры материалов.

Понятие о коррозионной прочности, коррозионной среде и внешних факторах, способных ускорять коррозионный процесс. Особенности продуктов коррозии. Главные причины и гетерогенный механизм коррозионного процесса. Классификация процессов коррозии металлов и методы защиты от коррозии. Эффективность защиты с помощью ингибиторов. Виды защитных и защитно-декоративных покрытий, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к СМЭ.

[1, с.104 – 110, 291 – 293; 3, с.127–142; 4, с.44 – 47, 83 – 86; 15, с.112 – 120]

2.2. Металлические конструкционные материалы СМЭ

Тема 1. Фазы, структуры и превращения в системе железо-углерод

Общая характеристика сплавов железа. Диаграмма состояния железо-углерод в областях перитектического, эвтектоидного и эвтектического превращения. Основные фазы: феррит, аустенит, цементит, ледебурит и структуры, образующиеся в сталях при изотермическом превращении аустенита: перлит, сорбит, тростит, бейнит, мартенсит и условия их формирования.

[1, с.118 – 152; 4, с.126 – 140, т.2; 6, с.134 – 157]

Тема 2. Основы термической и химико-термической обработки материалов

Основные виды термической обработки: отжиг, закалка, отпуск, старение. Достижимые свойства конструкционных материалов при термической обработке. Сущность и особенности химико-термических методов обработки – цементации, азотирования, нитроцементации, борирования и других, включая проведение процессов обработки материалов в плазме.

[1, с.156 – 248; 4, с.141 – 186, т.3; 5, с.271 – 306; 13, с.11 – 19]

Тема 3. Конструкционные материалы на основе черных и цветных металлов. Драгметаллы и конструкционные металлические материалы с особыми свойствами

Классификация и маркировка сталей. Влияние примесей на прочность и ударную вязкость легированных сталей, а также на их устойчивость к коррозии. Применение в СМЭ.

Алюминий и его сплавы: литейные и деформируемые. Процесс дисперсионного твердения. Сплавы меди: деформируемые (латуни) и литейные (бронзы). Сплавы титана, магния, лития и бериллия. Композиционные и порошковые материалы. Особенности изготовления деталей и применение в СМЭ.

Золото и серебро. Легирующие компоненты в драгметаллах различных проб и влияние на основные свойства. Металлы платиновой группы, сплавы и химические соединения на их основе. Текстурированные материалы и монокристаллы. Учет и экономное использование драгметаллов в СМЭ.

[1, с.252 – 365, 376 – 417; 4, с.187 – 209, 235 – 268; 5, с.392 – 429, 430 – 441; 6, с.512 – 634; 7, с.147 – 186; 8, с.361 – 435; 9, с.145 – 169; 18, с.10 – 90, 386 – 390]

2.3.Неметаллические конструкционные и электротехнические материалы СМЭ

Тема 1. Диэлектрические электротехнические и конструкционные материалы

Классификация диэлектрических и неметаллических конструкционных материалов. Газообразные диэлектрики: свойства и применение. Жидкие диэлектрики – трансформаторное, конденсаторное нефтяные масла; синтетические масла – совол, фторорганические жидкости, органические эфиры, полиси-

локсановые жидкости: свойства и применение. Твердые органические, неорганические и элементоорганические диэлектрики. Полимеризация и поликонденсация, линейные и пространственные полимеры. Однокомпонентные неполярные и полярные пластмассы, композиционные порошковые, волокнистые, слоистые пластмассы. Сегнетоэлектрики. Стекло, ситалл, керамика. Каучуковые материалы. Лаки, эмали, смолы. Материалы для упаковки и хранения биомедицинских препаратов. Основные свойства, особенности нанесения покрытий и применения в СМЭ.

[1, с.127 – 236, 434 – 481; 4, с.219 – 290, 396 – 405; 6, с.370 – 403; 8, с.121 – 179, 180 – 230, 338 – 351]

Тема 2. Проводниковые, резистивные и другие материалы с особыми свойствами, припой и флюсы

Классификация и основные свойства технических проводниковых материалов. Материалы высокой проводимости, сплавы высокого сопротивления, проводящие модификации углерода, тензометрические сплавы, контактные материалы, сплавы для термопар и терморезисторов. Припой и флюсы.

[4, с.217 – 219, 227 – 231; 8, с.231 – 288; 9, с.128 – 156, 418 – 535; 12, с.14 – 22]

Тема 3. Полупроводниковые материалы

Классификация и основные свойства полупроводников. Элементарные полупроводники: кремний, германий, селен. Эпитаксиальные структуры на основе кремния: получение, маркировка и использование. Полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{IV}$, их особенности и применение для фотопреобразователей в томографах. Аморфные и органические полупроводники.

[6, с.128 – 182; 7, с.62 – 236; 8, с.293 – 350, 568 – 580; 9, с.68 – 125; 10, с.192 – 201, 420 – 424; 12, с.5 – 14]

3. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Лабораторная работа «Определение удельного сопротивления и времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках» – освоение методик измерения удельного сопротивления и времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках, проведение измерений на пластинах монокристаллического кремния.

2. Лабораторная работа «Изучение влияния температуры и механических напряжений на электрофизические свойства проводниковых материалов» – освоение методики измерения электрического сопротивления различных проводниковых и резистивных материалов и проведение экспериментальных исследований влияния температуры и механических напряжений на их электрофизические свойства.

3. Лабораторная работа «Исследование механических свойств конструкционных материалов» – освоение методик испытания конструкционных материалов на растяжение и ударную вязкость, проведение исследований указанных механических свойств для образцов из ряда конструкционных материалов – сталей, алюминиевых сплавов и др.

4. Лабораторная работа «Влияние температуры и частоты внешнего поля на свойства магнитомягких материалов» – освоение методики исследования магнитных свойств имеющих в макете магнитомягких материалов и проведение экспериментальных исследований влияния температуры и частоты внешнего поля на их свойства.

4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2001. – 368 с. (См. также – М.: Высш. шк., 1986. – 368 с.)

2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.В. Материаловедение: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

3. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1988. – 574 с.

4. Материаловедение микроэлектронной техники: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.М. Андреева. – М.: Радио и связь, 1989. – 349 с.

5. Материаловедение и конструкционные материалы: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.А. Белого. – Мн.: Выш. шк., 1989. – 461 с.

6. Рез И.С., Поплавко Ю.М. Диэлектрики. Основные свойства и применение в электронике. – М.: Радио и связь, 1989. – 288.

7. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. – М.: Металлургия, 1989. – 456 с.

8. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с.

9. Конструкционные материалы: Справочник /Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.

10. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник /Под ред. Ю.М. Пятина. – М.: Машиностроение, 1982. – 528 с.

11. Костин П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

12. Достанко А.П., Баранов В.В., Шаталов В.В. Пленочные токопроводящие системы СБИС. – Мн.: Выш. шк., 1989. – 389 с.

13. Максимов Б.Г., Тявловский М.Д. Методическая разработка по курсу МК и ТД РЭС (ЭВС). Ч.1: Классификация и свойства материалов. – Мн.: МРТИ, 1988. – 56 с.

14. Шахлевич Г.М., Боженков В.В., Костюкевич А.А. Лабораторные работы по дисциплине «Материаловедение». Ч.1. – Мн.: БГУИР, 2001. – 46 с.

15. Баранов В.В., Шахлевич Г.М., Телеш Е.В. Лабораторные работы по дисциплине «Материаловедение». Ч.2. – Мн.: БГУИР, 2003. – 52 с.

5. УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочим планом дисциплины предусмотрено выполнение контрольной работы. Варианты заданий указываются преподавателем индивидуально каждому студенту во время установочной сессии. Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса.

При выполнении работ студенты изучают основы физико-химического материаловедения, методику выбора и назначения сталей, сплавов цветных металлов и неметаллических конструкционных материалов для изготовления конкретных деталей СМЭ, а также знакомятся со свойствами, технологией получения и областями применения основных групп материалов электронной техники и микроэлектроники.

Одновременно студент должен приобрести навыки пользования справочной литературой с тем, чтобы научиться в дальнейшем обосновывать выбор материала и технологии его обработки в курсовом и дипломном проектировании.

Ответы должны быть полными, отражать сущность вопроса и поясняться рисунками, графиками и диаграммами.

6. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант 1

1. Предмет материаловедения, специфические требования к материалам электронной техники и СМЭ. Технический прогресс в области получения и обработки материалов электронной техники и СМЭ. Какие задачи решает теоретическое и прикладное материаловедение?

2. По диаграмме состояния железо-цементит опишите (с применением правила фаз) превращения в сплаве, содержащем 1,6 % С, в интервале температур 0 – 1600 °С, а также определите содержание углерода и количественное соотношение фаз при 1 350 °С.

3. Пластическая деформация моно- и поликристаллов (условия и механизмы, зависимость от дефектности структуры и др.). Ее влияние на структуру и свойства металлов и сплавов.

Вариант 2

1. Классификация материалов электронной техники и СМЭ. Основные группы и особенности применения конструкционных и электрорадиотехнических материалов СМЭ. Пользуясь методикой выбора материала по приоритетам свойств, обоснуйте применение феррита марки 2 000 НН в качестве магнитопровода трансформатора малой мощности на частоты до 20 кГц.

2. Приведите основные характеристики кристаллических решеток Fe_α и Fe_γ , вычислите изменение объема железа при его полиморфном превращении, если радиусы атомов Fe в ОЦК плотной упаковке $r_{\text{ОЦК}} = 0,1241$ нм, а в ГЦК – $r_{\text{ГЦК}} = 0,127$ нм.

3. Сущность и назначение основных видов термической обработки. Изменение структуры и свойств при ТО сплавов без фазовых и полиморфных превращений (на примере сплавов алюминий-медь).

Вариант 3

1. Физическая сущность процесса первичной кристаллизации чистых расплавов (изменение свободной энергии, зародышеобразование, механизмы роста, влияние степени переохлаждения и внешних факторов).

2. Свойства железа. Основные фазы и структуры в системе Fe – C. Рассчитайте соотношение толщин пластинок феррита и цементита в субзерне пластинчатого перлита, если плотность $Fe_\alpha = 7,68$ г/см³, а $Fe_3C = 6,36$ г/см³.

3. Требуется провести поверхностное упрочнение изделия из стали 20. Какие виды обработки можно для этого применить? Опишите одну из технологий и превращения, которые происходят при этом в материале.

Вариант 4

1. Природа металлической связи и основные особенности свойств металлов (типы кристаллических решеток, механические, электрические, тепловые, магнитные и другие свойства).

2. Условия образования твердых растворов с неограниченной растворимостью компонентов. По диаграмме состояния Au – Ag опишите взаимодействие компонентов в твердом состоянии, укажите структурные составляющие и с помощью правила Курнакова объясните характер изменения свойств сплава.

3. С помощью диаграммы состояния Fe – Fe_3C определите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У10. Опишите микроструктуру и свойства стали после каждого вида обработки.

Вариант 5

1. Природа ковалентной и ионной связей. Особенности кристаллического строения, основные физико-химические свойства и применение ковалентных кристаллов (на примере графита, алмаза), ионных кристаллов (на примере оксидов алюминия и кремния).

2. На примере систем Fe – Ni и Fe – Si описать превращения в сплавах, компоненты которых обладают полиморфизмом. Диаграммы состояния тройных систем (концентрационный треугольник, изо- и политермические сечения и др.).

3. Причины возникновения внутренних напряжений при закалке. На примере углеродистых сталей приведите способы предотвращения образования закалочных микротрещин и напряжений.

Вариант 6

1. Кристаллические твердые тела. Особенности строения, виды и параметры кристаллических решеток, индексы Миллера, анизотропия свойств, поли- и изоморфизм.

2. Диаграммы состояния сплавов, образующих химические соединения (постоянного и переменного состава, конгруэнтно и неконгруэнтно плавящиеся, сингулярные точки и др.). Описать превращения в сплавах системы Mg-Zn и зависимость их свойств от состава.

3. Укажите режимы и технологию отжига для получения перлитного ковкого чугуна. Какие структурные превращения происходят при этом и как изменяются механические свойства материала?

Вариант 7

1. Механические свойства материалов в условиях статического нагружения. Методика испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Модули упругости и связь между ними.

2. Управление свойствами сплавов системы железо-цементит путем изменения их структуры и состава. Стали и чугуны. Определите состав сплава, содержащего 3,1 % C, по фазовым и структурным составляющим.

3. Термообработка сплавов с полиморфными превращениями (на примере системы Fe-C). Основные фазовые превращения в сталях при ТО. Превращение перлит-аустенит.

Вариант 8

1. Кристаллическое строение металлов и сплавов. На примере меди, алюминия и магния опишите строение и основные характеристики ОЦК, ГЦК и ГПУ кристаллических решеток.

2. Основные физико-химические свойства углеродистых сталей и чугунов. Влияние углерода и постоянных (технологических) примесей на их строение и свойства. Раскисление сталей.

3. Закалка сталей: критические точки, превращения при непрерывном и изотермическом охлаждении. Критическая скорость охлаждения. Структуры сорбита и троостита.

Вариант 9

1. Теплофизические свойства материалов (устойчивость к воздействию повышенных и пониженных температур, тепло- и температуропроводность, тепловое расширение и другие). Методы теплофизических испытаний.

2. По диаграмме состояния железо-цементит опишите (с применением правила фаз) превращения в сплаве, содержащем 1,6 % C, в интервале температур 0 – 1 600 °С, а также определите содержание углерода и количественное соотношение фаз при 1 350 °С.

3. Термомеханическая и механотермическая обработка (НТМО, ВТНО и другие): сущность, назначение, технология. Упрочнение материалов методами поверхностно-пластического деформирования.

Вариант 10

1. Определение твердости по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу и Шору. Алюминиевый сплав Д1 имеет твердость 118НВ [$\text{кГс}/\text{мм}^2$], бронза БрА7 – КГС180НВ, а сталь 45 – 350НВ. Чему равно их временное сопротивление σ_B [МПа]?

2. Конструкционные машиностроительные стали специального назначения (высокопрочные, пружинные, износо-, коррозионно- и жаростойкие и др.). Стали с особыми физическими и химическими свойствами (криогенные, с заданным ТКЛР, кислотостойкие и др.).

3. Изделия из чугуна имеют близкие механические свойства ($\sigma_B = 400$ МПа, $\delta = 3 - 4\%$), но разные формы графитовой составляющей: шаровую – в одном и комковатую – в другом. Укажите название чугунов и способы получения указанных форм графита.

Вариант 11

1. Поверхностные и объемные дефекты (природа, образование, влияние на свойства материалов). Роль границ зерен и объемных дефектов в процессах усталостного разрушения.

2. Классификация и маркировка сталей. Конструкционные машиностроительные стали: углеродистые обыкновенного качества и качественные, улучшаемые, цементируемые и др.

3. Химико-термическая обработка: физико-химические основы, назначение, классификация и краткая характеристика основных видов (цементация, карбидирование, азотирование, нитроцементация и др.).

Вариант 12

1. Триботехнические характеристики материалов (прирабатываемость, износостойкость, коэффициент трения и др). Виды износа и факторы, его определяющие. Методы повышения износостойкости. Испытания на износ.

2. Материалы для металлорежущего и измерительного инструмента (углеродистые и легированные инструментальные, быстрорежущие, твердые сплавы и др.). Методы формообразования и обеспечения высоких эксплуатационных характеристик инструментальных материалов.

3. Что такое технологическая анизотропия холоднодеформированного металла? Как она возникает, на какие свойства влияет и как устраняется?

Вариант 13

1. Классификация свойств материалов СМЭ. Основные функциональные, технологические и потребительские свойства и связь между ними. Методика

выбора материала для конкретного применения на примере диэлектрика с высокими механическими и теплоизоляционными свойствами.

2. Конструкционные материалы на основе алюминия: свойства, классификация, применение. Деформируемые сплавы. По диаграмме состояния алюминий-медь опишите характер превращений и взаимодействия компонентов, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, объясните изменение свойств сплавов и механизм их дисперсионного упрочнения.

3. Фрезы изготавливаются из стали 9ХС. Укажите состав и группу, к которой она относится, назначьте и обоснуйте режим упрочняющей ТО. Объясните, как влияют легирующие элементы на превращения, происходящие при ТО, микроструктуру и свойства стали.

Вариант 14

1. Поведение материалов в магнитном поле: диа-, пара-, ферро- и ферри-магнетики. Влияние состава, структуры и внешних воздействий на свойства сильномагнитных материалов. Намагничивание, петля гистерезиса. Основные эксплуатационные характеристики ферро- и ферримагнетиков.

2. По диаграмме состояния железо-цементит опишите (с применением правила фаз) превращения и постройте кривую нагрева для сплава, содержащего 4,3 % С, в интервале температур 0 – 1300 °С, а также определите содержание углерода и количественное соотношение фаз при 850 °С.

3. Для изготовления шасси и лицевых панелей электронных приборов применяется сплав АМгЗ. Укажите его состав, назначение легирующих элементов и основные физико-химические свойства, метод проведения его упрочнения.

Вариант 15

1. Коррозионная стойкость – основная химическая характеристика материалов РЭС. Классификация коррозии (по механизму, виду разрушения, среде). Методы повышения коррозионной стойкости.

2. Бронзы: свойства, классификация, применение. По диаграмме состояния медь-бериллий опишите характер превращений и взаимодействия компонентов, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы и объясните изменение свойств в зависимости от состава и механизм дисперсионного твердения сплавов.

3. Для изготовления ответственных деталей РЭС выбран сплав В95Т1. Укажите состав и основные физико-химические свойства, механизм и технологию упрочнения сплава.

Вариант 16

1. Виды диаграмм растяжения. Методика определения основных прочностных и пластических свойств материалов. Чему равен коэффициент Пуассона, модуль Юнга и модуль сдвига, если образец с $d_0 = 2,2$ мм и $l_0 = 100$ мм упруго деформировался до $d_1 = 1,97$ мм и $l_1 = 127$ мм. Модуль объемной упругости материала $k = 1,87 \cdot 10^5$ МПа.

2. По диаграмме состояния железо-цементит опишите (с применением правила фаз) превращения в сплаве, содержащем 0,83% С, в интервале температур 0 – 1600 °С, а также определите содержание углерода в фазах и их количественное соотношение при 750 и 680 °С.

3. Для изготовления деталей методом глубокой многооперационной вытяжки используется латунь Л68. Укажите состав, структуру и свойства сплава, назначьте и обоснуйте режим ТО, применяющейся между отдельными операциями вытяжки.

Вариант 17

1. Пластики на основе фенолформальдегидных смол: свойства, области применения, маркировка и сортамент. Технология пластмасс на основе фенолформальдегидных смол.

2. Поведение проводников в СВЧ-поле. Скин-эффект.

Определите глубину проникновения электрического поля в алюминиевый и железный проводники на частотах 400 и 10^5 Гц. Считать: для Al – $\mu = 1$, $\rho = 0,028$ мкОм·м, для Fe – $\mu = 1000$, $\rho = 0,1$ мкОм·м.

3. Аморфные магнитные материалы и ферромагнитные жидкости: физические свойства, методы получения, применение.

Вариант 18

1. Для элементов сопротивления выбран сплав копель МНМц 43-05. Укажите состав и группу, к которой он относится по назначению. Опишите структуру и физико-химические характеристики сплава. Какие материалы можно использовать в качестве его заменителей.

2. Пробой диэлектриков: механизмы пробоя, влияние состава и внешних воздействий на электрическую прочность.

Определите запас по электрической прочности плоского конденсатора и толщину диэлектрика в нем, если емкость конденсатора 68 пФ, площадь обкладок 10 см^2 , а рабочее напряжение 10 кВ. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon = 6,5$, $E_{пр} = 5 \cdot 10^7$ В/м.

3. Магнитомягкие сплавы на основе железа. Магнитные характеристики, маркировка, получение, применение.

Вариант 19

1. Полиамиды и полиуретаны. Состав, свойства, применение в качестве конструкционных и электрорадиотехнических материалов.

2. Влияние примесей и дефектов структуры на электрофизические свойства проводников.

Удельное сопротивление медного проводника, содержащего 0,5 ат.% индия, равно 0,0234 мкОм·м. Определить концентрацию атомов индия в сплаве с $\rho = 0,0298$ мкОм·м, полагая, что все остаточное сопротивление обусловлено рассеянием на атомах примеси. (Использовать правила Маттисена и Линде).

3. Ферриты СВЧ-диапазона и магнитодиэлектрики.

Вариант 20

1. Контактная разность потенциалов и термоЭДС. Материалы для термопар.

Один спай термопары помещен в печь с $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, другой находится при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вольтметр показывает при этом термоЭДС 1,8 мВ. Чему будет равна термоЭДС, если второй спай поместить в сосуд: а) с тающим льдом; б) с кипящей водой? Удельную термоЭДС во всем температурном диапазоне считать постоянной.

2. Стекло и стекломатериалы (ситаллы, стекловолокниты и др.): свойства, классификация, получение, применение.

3. Электрофизические свойства полупроводников в сильных электрических полях. Эффекты поля.

Вариант 21

1. Тугоплавкие металлы и сплавы.

Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно 35 Ом. Определить температуру нити, если в установившемся режиме работы при $U = 220\text{ В}$ по ней проходит ток 0,6А. Считать $\alpha_p = \alpha_R = 5 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$.

2. Эпитаксиальные структуры на основе Si, гомо- и гетероэпитаксия. Маркировка и применение эпитаксиальных структур.

3. Электроизоляционные компаунды, лаки и пропиточные вещества. Клеи и герметики.

Вариант 22

1. Собственные и примесные полупроводники. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

Вычислить собственную концентрацию носителей заряда в кремнии при 250 К, если ширина его запрещенной зоны $E_g = 1,12\text{ эВ}$, а эффективные массы плотности состояний $m_c = 1,05 m_0$, $m_v = 0,56 m_0$.

2. Полимеры: классификация, структура, основные свойства, получение, применение.

3. Низкокоэрцитивные сплавы для слабых магнитных полей.

Вариант 23

1. Влияние легирования на свойства полупроводников. Основные легирующие элементы и методы легирования.

n-GaAs в качестве основной примеси содержит 10^{-2} ат. % Si и имеет $\rho = 2 \cdot 10^{-5}\text{ Ом}\cdot\text{м}$ при подвижности электронов $\mu_n = 0,2\text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Полагая, что все атомы кремния электрически активны, определить, сколько их находится в узлах галлия и сколько – в узлах мышьяка. Плотность материала $d = 5320\text{ кг/м}^3$.

2. Электроизоляционная и конденсаторная керамика.

3. Каучуки и резины: свойства, классификация, применение. Вулканизация каучуков.

Вариант 24

1. Механизмы рекомбинации, время жизни носителей заряда в полупроводниках.

Определить время жизни и подвижность электронов в невырожденном Ge при $T = 300$ К. Диффузионная длина электронов $L_n = 1,5$ мм, а коэффициент диффузии $D_n = 9,8 \cdot 10^{-3}$ м²/с.

2. Эпоксидные и кремнийорганические смолы и пластмассы на их основе.
3. Литые магнитотвердые материалы.

Вариант 25

1. Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников. Фотопроводимость.

Определить скорость оптической генерации g неравновесных носителей заряда в Si на глубине 100 мкм от освещаемой поверхности при фото-возбуждении монохроматическим излучением интенсивностью $I_0 = 10^{20}$ м⁻²·с⁻¹, если показатель поглощения материала на длине волны излучения $\alpha = 5 \cdot 10^4$ м⁻¹, а коэффициент отражения излучения $R = 0,3$.

2. Классификация диэлектриков. Активные и пассивные диэлектрики: основные свойства и применение.
3. Материалы с малой работой выхода и газопоглощающими свойствами.

Вариант 26

1. Термогальваномагнитные эффекты в полупроводниках. Эффект Холла.

Прямоугольный образец полупроводника n-типа с размерами $50 \times 5 \times 1$ мм помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости образца. Под действием напряжения $U_a = 0,42$ В, приложенного вдоль образца, по нему протекает ток $I_a = 20$ мА. Измерения показывают ЭДС Холла $U_H = 6,25$ мВ. Найти удельную электропроводность σ , подвижность μ и концентрацию n основных носителей заряда.

2. Сплавы высокого сопротивления для резисторов и нагревательных элементов.
3. Магниты из порошков и магнитотвердые ферриты. Магнитоэласты.

Вариант 27

1. Методы выращивания монокристаллических полупроводников.

Рассчитать количество сурьмы, необходимое для выращивания n-Ge с $\rho = 0,01$ Ом·м из расплава массой $m_1 = 4$ кг. Распределение примеси по объему кристалла равномерное. Коэффициент распределения сурьмы между твердой и жидкой фазами $k_{sb} = N_s/N_l = 3 \cdot 10^{-3}$ (N_s, N_l – концентрация примесей в фазах), плотность расплава $d_1 = 5600$ кг/м³, подвижность электронов $\mu_n = 0,38$ м²/(В·с).

2. Диэлектрические газы и жидкости.

3. Классификация проводниковых материалов. Основные свойства и области применения проводников.

Вариант 28

1. Германий: свойства, методы получения, применение, маркировка.

В Ge диоде удельная проводимость p-области $\sigma_p = 10^4$ См/м, а удельная проводимость n-области $\sigma_n = 10^2$ См/м. Подвижности электронов и дырок равны соответственно $\mu_n = 0,39$ м²/(В·с), $\mu_p = 0,19$ м²/(В·с). Вычислить контактную разность потенциалов в переходе при температуре $T = 300$ К, если собственная концентрация $n_i = 2,5 \cdot 10^{19}$ м⁻³.

2. Электрофизические свойства тонких металлических пленок. Размерные эффекты.

3. Магнитно-твердые материалы на основе благородных и РЗМ-металлов.

Вариант 29

1. Ферро- и ферримагнетики. Свойства, классификация, применение.

Магнитная восприимчивость никеля при температурах 400 и 800 °С равна соответственно $1,25 \cdot 10^{-3}$ и $1,14 \cdot 10^{-4}$. Определить температуру Кюри и магнитную восприимчивость Ni при температуре 600 °С (использовать закон Кюри – Вейса).

2. Материалы для твердотельных лазеров и оптоволоконных линий.

3. Силовые пластмассы (гетинакс, текстолиты) и армированные пластики.

Вариант 30

1. Материалы для постоянных магнитов и магнитных элементов промышленной частоты.

Катушка с ферритовым тороидальным сердечником диаметром 10 мм имеет индуктивность 0,12 Гн и содержит 1 000 витков. Определить ток в катушке, при котором магнитная индукция в сердечнике равна 0,1 Тл.

2. Кремний: основные свойства, методы получения полупроводникового кремния, маркировка.

3. Волокнистые непропитанные и пропитанные материалы (электротехническая бумага и картон, ткани и др.).

Вариант 31

1. Влияние влаги и загрязнений на диэлектрические свойства материалов.

Рассчитайте, насколько изменится диэлектрическая проницаемость конденсаторной бумаги с плотностью $d_0 = 1\,000$ кг/м³ после пропитки ее конденсаторным маслом. Для целлюлозы $\epsilon_{ц} = 6,5$; $d_{ц} = 1500$; $\epsilon_{в} = 1$; $d_{в} = 0$; $\epsilon_{м} = 2,2$. Использовать формулу Лихтеннекера для сложного диэлектрика в предположении, что компоненты включены последовательно.

2. Благородные металлы: свойства, получение, применение в РЭС.

3. Материалы с ППГ для магнитных запоминающих устройств.

Вариант 32

1. Потери в диэлектриках. Виды диэлектрических потерь.

Определите удельные электрические потери в плоском конденсаторе, изготовленном из пленки полистирола толщиной 20 мкм, если на него подано напряжение 2 В частотой 2 МГц. Для полистирола $\epsilon = 2,5$; $\text{tg } \delta = 2 \cdot 10^{-4}$.

2. Материалы для контактных и упругих элементов СМЭ.

3. Магнитострикционные и термомагнитные материалы.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для студентов специальности
«Медицинская электроника»
заочной формы обучения

Составители:

Шахлевич Григорий Михайлович,
Баранов Валентин Владимирович,
Холенков Вадим Федорович

Редактор Н.И. Гриневич
Корректор Е.Н. Батурчик
Компьютерная верстка М.В. Шишло

Подписано в печать 20.01.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,1.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,51.
Заказ 651.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6