



**Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по изучению дисциплины

“ХИМИЯ И ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ”

и выполнению контрольной работы

**для студентов направления 0907 — Радиотехника
заочной формы обучения**

**Севастополь
2005**

УДК 621. 317.791

Методические указания по изучению дисциплины «Химия и электрорадиоматериалы» и выполнению контрольной работы /Сост. А.Н. Трушкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. — 37 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам: в изучении основных химических и физических свойств радиоматериалов; в закреплении и углублении теоретических и практических знаний по изучаемой дисциплине; в выполнении контрольных работ.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники протокол № 9 от 5 января 2005 г.

Допущено учебно - методическим центром в качестве методических указаний.

Рецензент: Гимпилевич Ю.Б., заведующий кафедрой радиотехники СевНТУ, докт. техн. наук, доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение</u>	4
<u>1. Рабочая программа дисциплины</u>	6
<u>1.1. Цели и задачи дисциплины</u>	6
<u>1.2. Содержание дисциплины</u>	7
<u>1.3. Содержание лекций</u>	7
<u>2. Контрольные задания</u>	9
<u>3. Основные соотношения</u>	18
<u>3.1. Проводниковые материалы</u>	18
<u>3.2. Магнитные материалы</u>	21
<u>3.3. Диэлектрические материалы</u>	26
<u>3.4. Полупроводниковые материалы</u>	28
<u>4. Контрольные вопросы</u>	31
<u>Библиографический список</u>	37

ВВЕДЕНИЕ

Основной формой обучения студента заочника является самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы кафедра радиотехники организует чтение лекций, практические занятия и лабораторные работы. Поэтому процесс изучения дисциплины «Химия и электрорадиоматериалы» состоит из следующих этапов:

- проработка установочных и обзорных лекций;
- самостоятельная работа с учебниками и учебными пособиями;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение лабораторного практикума;
- сдача зачета.

При самостоятельной работе с учебным материалом необходимо:

- составлять конспект, в котором записывать формулы, выражающие основные физические понятия и сущность физических явлений и методов исследования;
- изучать дисциплину систематически, так как в противном случае материал будет усвоен поверхностно.

При изучении дисциплины студент должен прежде всего усвоить теоретические сведения. Основное внимание должно быть уделено осмысленному пониманию физической сущности явлений, отраженных в графических зависимостях исследуемых параметров и в основных формулах.

Изучая конкретные материалы, следует уяснить их основные особенности и установить, в каких устройствах лучше всего они могут быть использованы, а где их использование неоправданно. Следует четко представлять, по каким параметрам можно судить о возможности использования данного материала в условиях повышенных температур, влажности, высоких частот и др.

Изучение отдельных групп твердых диэлектриков следует начинать с общих сведений о полимерах, поскольку последние в настоящее время являются основным видом органических диэлектриков.

Далее должны быть изучены смолы как главнейшая составная часть большинства лаков, компаундов, пластмасс, пленок и т. п. При изучении вопросов, связанных с проводниковыми и полупроводнико-

выми материалами, необходимо основное внимание уделить тем свойствам материалов, которые могут быть использованы в электротехнике, радиотехнике, радиоэлектронике и пр. При изучении магнитных материалов следует обратить особое внимание на основные свойства магнито-мягких и магнито-твердых материалов, сопоставить эти свойства и проанализировать причины их различия.

В процессе изучения дисциплины «Химия и электрорадиоматериалы» студент обязан выполнить одну контрольную работу. Прежде чем приступить к решению той или иной задачи, необходимо хорошо понять ее содержание и поставленные вопросы.

Контрольная работа оформляется в тетради школьного образца или на листах бумаги формата А4. Допускается набирать текст на компьютере в редакторе «*Microsoft Word*» с использованием редактора формул.

На титульном листе указывается наименование вуза, кафедры, учебной дисциплины, а также фамилия, имя, отчество студента, шифр, индекс учебной группы, дата выполнения контрольной работы и адрес студента.

Начинать работу над заданием следует с записи условия. Далее необходимо привести формулу (формулы) в общем виде с расшифровкой всех её элементов, затем в эту формулу следует подставить значения используемых величин в системе СИ. После этого необходимо записать результат расчета.

После выполнения задания необходимо сделать выводы по полученным результатам и привести список использованной литературы, из которой заимствованы формулы, графики и определения. Все рисунки и чертежи следует выполнять аккуратно.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами:

- химических основ материаловедения;
- основных химических и физических свойств наиболее важных и нужных для радиотехники материалов;
- методов экспериментального исследования основных характеристик радиотехнических материалов.

В результат изучения курса студенты должны

Знать: пути развития химии и ее современное состояние; роль химии в научно-техническом прогрессе, в создании новых материалов, в рациональном использовании природных богатств, в охране природы; основные законы химии; закономерности химических процессов и хода химических реакций; практическое значение наиболее употребительных и нужных с точки зрения специальности веществ;

Уметь: наблюдать и объяснять химические явления, которые происходят в природе, лаборатории, на производстве, в повседневной жизни; самостоятельно пользоваться учебной и справочной литературой; решать химические задачи; выполнять химические опыты и соблюдать правила техники безопасности;

иметь представление о способах получения радиотехнических материалов и методах контроля их параметров при серийном производстве.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам для успешного изучения дисциплины «Химия и электрорadiоматериалы»:

- высшая математика; физика; химия.

1.2. Содержание дисциплины

Дисциплина «Химия и электрорадиоматериалы» содержит следующие разделы:

- атомно-молекулярная теория;
- основные законы химии;
- строение вещества;
- общая характеристика металлов;
- общая характеристика неметаллов.

1.3. Содержание лекций

№ темы	№ лекции	Наименование темы, содержание лекции	Литература
1	2	3	4
T1		Атомно-молекулярная теория	
	Л1	Введение. Предмет и содержание курса. Пути развития химии и ее современное состояние. Роль химии в научно-техническом прогрессе, в создании новых материалов; в рациональном использовании природных богатств, в охране природы.	5 6
	Л2	Основное содержание атомно - молекулярного учения. Энергетическое состояние электрона в атоме. Главное квантовое число. Орбитальное квантовое число. Формы электронных облаков. Магнитное и спиновое квантовые числа. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронная структура атомов и периодическая система элементов.	5
T2		Основные законы химии и строение вещества	
	Л3	Закон сохранения массы веществ. Закон сохранения и превращения энергии при химических реакциях. Закон постоянства состава. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева на основе учения о строении атомов.	5
	Л4	Особенности размещения электронов по орбиталям в атомах малых и больших периодов. s-, p-, d- и f- электроны. Положение в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева водорода, лантаноидов, актиноидов и искусственно полученных элементов.	1 6
	Л5	Валентность и валентные возможности атомов. Закон кратных отношений. Закон Авогадро. Закон объемных отношений газов при химических реакциях. Закон эквивалентов.	3
T3		Химическая связь и комплексные соединения	
	Л6	Классификация и номенклатура химических соединений. Основные типы химической связи. Пространственное строение молекул неорганических и органических веществ.	3

	Л7	Типы кристаллических решеток: ионные кристаллические решетки; атомные кристаллические решетки; молекулярные кристаллические решетки; металлические кристаллические решетки.	7
	Л8	Комплексные соединения и их структура. Номенклатура и классификация. Устойчивость комплексных соединений. Электрохимические процессы.	7
T4		Общая характеристика металлов	
	Л9	Общие способы получения металлов. Обзор металлических элементов главных подгрупп. Обзор металлических элементов побочных подгрупп (медь, цинк, титан, хром, железо, никель, платина,	3
	Л10	Сплавы металлов. Оксиды и гидроксиды металлов. Коррозия металлов. Основные виды коррозии. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.	6
T5		Электропроводность металлов	
	Л11	Физическая природа электропроводности металлов. Влияние химического состава и структурных дефектов на удельное электросопротивление металлов. Электрические свойства металлических сплавов.	5
	Л12	Температурная зависимость удельного сопротивления металлических проводников. Сопротивление проводников на высоких частотах. Контактные явления и термоэлектродвижущая сила в металлах.	6
	Л13	Общие сведения о магнетизме. Магнитные свойства металлов. Природа ферромагнитного состояния. Процессы при намагничивании ферромагнетиков. Влияние химического состава, температуры и структурных дефектов на свойства ферромагнетиков. Методы исследования, области применения, перспективы совершенствования характеристик металлов и сплавов.	7
T6		Общая характеристика неметаллов	
	Л14	Размещение неметаллов в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева. Строение простых веществ – неметаллов. Оксиды неметаллов.	5
	Л15	Химические свойства кислотных оксидов. Кислородсодержащие кислоты: взаимодействие азотной кислоты с активными металлами; взаимодействие азотной кислоты с малоактивными металлами; взаимодействие азотной кислоты с некоторыми неметаллами.	7
	Л16	Диэлектрики и их основные физико-химические и механические свойства. Поляризация, электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. Пробой диэлектриков.	6
	Л17	Полупроводники их основные физико-химические и механические свойства. Электропроводность. Влияние внешних факторов на электропроводность полупроводников и их соединений.	5

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

2.1. Варианты контрольных заданий

Варианты контрольных заданий определяется в соответствии с таблицей 2.1 по двум последним цифрам номера зачетной книжки. Номера контрольных заданий расположены в строке, соответствующей номеру варианта.

Таблица 2.1 — Варианты контрольных заданий

Номер варианта	Номера контрольных заданий						
01	1	5	12	16	23	28	40
02	2	6	13	17	24	29	41
03	3	7	14	18	25	30	42
04	4	8	15	19	26	31	43
05	5	9	16	20	27	32	44
06	6	10	17	21	28	33	45
07	7	11	18	22	29	34	46
08	8	12	19	1	30	35	47
09	9	13	20	2	31	36	48
10	10	14	21	3	32	37	49
11	11	15	22	4	33	38	50
12	12	16	1	5	34	39	51
13	13	17	2	6	35	40	52
14	14	18	3	7	36	41	53
15	15	19	4	8	37	42	54
16	16	20	5	9	38	43	55
17	17	21	6	10	39	44	23
18	18	22	7	11	40	45	24
19	19	5	8	12	41	46	25
20	20	6	9	13	42	47	26
21	21	7	10	14	43	48	27
22	22	8	11	15	44	49	28
23	1	9	12	16	45	50	29
24	2	10	13	17	46	51	30
25	3	11	14	18	47	52	31
26	4	12	15	19	48	53	32
27	5	13	16	20	49	54	33
28	6	14	17	21	50	55	34
29	7	15	18	22	51	23	35
30	8	16	19	1	52	24	36
31	9	17	20	2	53	25	37

Продолжение таблицы 2.1

32	10	18	21	3	54	26	38
33	11	19	22	4	55	27	39
34	12	20	1	5	23	28	40
35	13	21	2	6	24	29	41
36	14	22	3	7	25	30	42
37	15	6	4	8	26	31	43
38	1	7	5	15	27	32	44
39	2	8	6	16	28	33	45
40	3	9	7	17	29	34	46
41	4	10	8	18	30	35	47
42	5	11	9	19	31	36	48
43	6	12	10	20	32	37	49
44	7	13	11	21	33	38	50
45	8	14	12	22	34	39	51
46	9	15	13	1	35	40	52
47	10	16	14	2	36	41	53
48	11	17	15	3	37	42	54
49	12	18	16	4	38	43	55
50	13	19	17	5	39	44	23
51	14	20	18	6	40	45	24
52	15	21	19	7	41	46	25
53	16	22	20	8	42	47	26
54	17	1	21	9	43	48	27
55	18	2	22	10	44	49	28
56	19	3	1	11	45	50	29
57	20	4	2	12	46	51	30
58	21	5	3	13	47	52	31
59	22	6	4	14	48	53	32
60	1	7	5	15	49	54	33
61	2	8	6	16	50	55	34
62	3	9	7	17	51	23	35
63	4	10	8	18	52	24	36
64	5	11	9	19	53	25	37
65	6	12	10	20	54	26	38
66	7	13	11	21	55	27	39
67	8	14	12	22	23	28	40
68	9	15	13	1	24	29	41
69	10	16	14	2	25	30	42
70	11	17	15	3	26	31	43
71	12	18	16	4	27	32	44
72	13	19	17	5	28	33	45
73	14	20	18	6	29	34	46
74	15	21	19	7	30	35	47
75	16	22	20	8	31	36	48
76	17	1	21	9	32	37	49
77	18	2	22	10	33	38	50
78	19	3	1	11	34	39	51
79	20	4	2	12	35	40	52

Продолжение таблицы 2.1

80	21	5	3	13	36	41	53
81	22	6	4	14	37	42	54
82	1	7	5	15	38	43	55
83	2	8	6	16	39	44	23
84	3	9	4	17	40	45	24
85	4	10	8	1	41	46	25
86	5	11	9	2	42	47	26
87	6	12	10	14	43	48	27
88	7	13	3	15	44	49	28
89	8	14	12	16	45	50	29
90	9	15	1	17	46	51	30
91	10	16	14	18	47	52	31
92	11	17	15	1	48	53	32
93	12	18	16	2	49	54	33
94	13	19	11	3	50	55	34
95	14	20	18	4	51	23	35
96	15	21	19	5	52	24	36
97	16	22	20	6	53	25	37
98	17	1	5	7	54	26	38
99	18	2	7	8	55	27	39

2.2. Контрольные задания

1. Определить эквивалент и эквивалентные массы элементов в соединениях HBr , H_2O , и NH_3 .

2. При соединениях 7,8 г железа с серой образовалось 10,8 г сульфида железа. Найти эквивалентную массу железа E_{Fe} и его эквивалент, если известно, что эквивалентная масса серы равна 16 г/моль.

3. Определить массу гидросульфата натрия, образующегося при нейтрализации серной кислотой раствора, содержащего 8 г NaOH .

4. Некоторое количество металла, эквивалентная масса которого равна 38 г/моль, вытесняет из кислоты 0,9 л водорода, измеренного при нормальных условиях. Определить массу металла.

5. Выразить в граммах массу одной молекулы CO_2 .

6. Смесь эквивалентных количеств водорода и кислорода находится в закрытом сосуде при температуре выше 100°C . Как изменится давление в сосуде, если смесь взорвать и затем привести содержимое сосуда к первоначальной температуре?

7. Определить объем, занимаемый 5,25 г азота при 26°C и давлении 98,9 кПа (742 мм рт. ст.).

8. Сколько молей кислорода находится в 1 л воздуха, если объемное содержание его составляет 21 % (условия нормальные)?

9. Плотность газа по воздуху равна 1,17. Определить молекулярную массу газа.

10. Определить молекулярную массу газа, если при нормальных условиях 0,824 г его занимают объем 0,260 л.

11. Вычислить молекулярную массу бензола, зная что масса 600 мл его паров при 87 °С и давлении 83,2 кПа равна 1,3 г.

12. Найти простейшую формулу оксида хрома, содержащего 56,8% хрома.

13. Какой подуровень заполняется в атоме электронами после заполнения подуровня $4p$?

14. Какой подуровень будет заполняться вслед за уровнем $4s$?

15. Составить электронную формулу атома кремния и графическую схему заполнения электронами валентных орбиталей этого атома в нормальном и в возбужденном состояниях.

16. На каком основании хлор и марганец помещают в одной группе периодической системы элементов? Почему их помещают в разных подгруппах?

17. Вычислить разность относительных электроотрицательностей атомов для связей Н-О и О-Э в соединениях $Mg(OH)_2$, $CaMg$, Sr .

Определить: а) какая из связей Н-О или О-Э характеризуется в каждой молекуле большей степенью ионности; б) каков характер диссоциации этих молекул в водном растворе?

18. Какая из молекул B_2 или C_2 характеризуется более высокой энергией диссоциации на атомы? Сопоставить магнитные свойства этих молекул.

19. Длина диполя молекулы HCl равна $0,22 \cdot 10^{-10}$ м. Вычислить дипольный момент молекулы.

20. Вычислить заряды следующих комплексных ионов, образованных хромом (III): а) $[Cr(H_2O)_5Cl]$; б) $[Cr(H_2O)_4Cl_2]$; в) $[Cr(H_2O)_2(C_2O_4)_2]$.

21. Вычислить потенциал серебряного электрода в насыщенном растворе $AgBr$, содержащем 0,1 моль/л бромида калия.

22. Имеется 400 г. сплава олова со свинцом, содержащего (по массе) 30% олова и 70% свинца. Какой из этих металлов и в каком количестве находится в сплаве в виде кристаллов, вкрапленных в эвтектику, если последняя содержит 64% олова и 36% свинца?

23. Доказать, что для любой пары единичных конденсаторов алгебраическая сумма температурных коэффициентов емкости систем, полученных параллельным и последовательным соединением этих конденсаторов, равняется алгебраической сумме температурных коэффициентов емкости этих единичных конденсаторов.

24. Диэлектрик имеет электрическую прочность $E = 18 \cdot 10^3$ В/м. Два плоских конденсатора емкостью $C_1 = 600$ пФ и $C_2 = 1200$ пФ с изолирующим слоем из этого диэлектрика толщиной $d_1 = d_2 = 0,02$ м соединены последовательно. При каком наименьшем напряжении будет пробита эта система?

25. Нихром Н80Х20 имеет при 20°C удельное электросопротивление $\rho = 1,03 \cdot 10$ Ом·м, а температурный коэффициент сопротивления $\text{TK}\rho = 2,31 \cdot 10 \text{ K}^{-1}$.

Определить: а) сопротивление сплава при 1000°C ; б) остаточное сопротивление, обусловленное рассеянием на примесях. Сравнить сопротивление сплава с сопротивлением входящих компонентов и объяснить результат.

26. Два конденсатора с емкостями C_1 и C_2 , обладающие потерями, с тангенсом угла потерь $\text{tg}\delta_1$ и $\text{tg}\delta_2$ соединены параллельно. Определить тангенс угла потерь системы.

27. Доказать, что в слоистом диэлектрике напряженность поля в каждом из последовательно соединенных слоев обратно пропорционально диэлектрической проницаемости материала данного слоя.

28. В двухпроводной линии электропередачи, на одном конце которой находится источник постоянного напряжения, а к другому подключен потребитель с сопротивлением R_p , повреждена изоляция. При повреждении изоляции ток через источник напряжения увеличился в двое, а через потребитель уменьшился в 6 раз. На каком расстоянии от источника произошло повреждение изоляции, если сопротивление единицы длины провода R , а длина линии L ? Чему равно сопротивление изоляции?

29. Построить векторную диаграмму, показывающую зависимость между электрическим напряжением и током при подаче на диэлектрик, обладающий диэлектрическими потерями, переменного напряжения, а также дать эквивалентную схему такого диэлектрика.

30. Из двух конденсаторов с температурными коэффициентами $\alpha_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ и $\alpha_2 = -3 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ нужно составить термокомпенсирующую систему с результирующей емкостью 100 мкФ. Определить требующиеся емкости для параллельного и последовательного соединения конденсаторов.

31. Проволока должна, не претерпевая пластической деформации, выдержать нагрузку 44,1 Н. Сопротивление одного метра этой проволоки должно быть не более 0,033 Ом. Плотность сплава линейно зависит от содержания цинка. Предел текучести для латуни Л60 $\sigma_s = 74 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$, для латуни Л80 $\sigma_s = 60 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$, для меди $\sigma_s = 28 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$. Относительная электропроводность (относительно чистой меди) для латуни Л60 $\gamma_{60}/\gamma_M = 0,21$, для латуни Л80 $\gamma_{80}/\gamma_M = 0,35$. Чему равен наименьший диаметр проволоки, изготовленной из латуней Л60, Л80, из чистой меди? Какая проволока окажется наиболее экономически выгодной, если считать, что медь вдвое дороже цинка?

32. Диэлектриком плоского конденсатора является гетинакс: $\rho = 10^{11} \text{ Ом} \cdot \text{м}$; $\varepsilon = 8$; $\text{tg} \delta = 0,1$. Толщина диэлектрика $d = 0,001 \text{ м}$, обкладки конденсатора квадратные: $S = 500 \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. Определить полные и удельные потери мощности в диэлектрике в следующих случаях:

- 1) приложено постоянное напряжение 1 кВ;
- 2) приложено переменное напряжение 1 кВ на частоте 50 Гц.

Проанализировать полученный результат.

33. Показать, что для получения более низких значений напряженностей электрических полей (E) во внутренние слои многослойного цилиндрического конденсатора необходимо помещать диэлектрические материалы с большей диэлектрической проницаемостью ε (это так называемое «градиентирование изоляции», применяемое в технике силовых кабелей высокого напряжения).

34. Исследовать характер зависимости сопротивления сверхпроводника от температуры при протекании: а) постоянного тока; б) переменного тока.

Зависимости изобразить графически и объяснить результат.

34. Рассчитать диэлектрическую проницаемость «вспененного» материала, т. е. твердого диэлектрика, в котором имеется большое число мелких пор, заполненных газом (пенопласты, пенокерамика). Считать известными: диэлектрическую проницаемость ε ;

плотность сплошного твердого материала D ; также плотность газонаполненного диэлектрика D_1 .

35. Рассчитать значение тангенса угла диэлектрических потерь на частотах 50 Гц и 50 кГц для нефтяного конденсаторного масла, имеющего удельное сопротивление $\rho = 10^{14}$ Ом м и диэлектрическую проницаемость $\varepsilon = 2,2$. Считать, что причиной потерь в диэлектрике является электропроводность.

36. При измерении сопротивления изоляции керамического конденсатора емкостью 100 пФ получено значение $R = 2 \cdot 10^{11}$ Ом, при частоте $f = 1$ МГц тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta = 7 \cdot 10^{-4}$. Рассчитать эквивалентное сопротивление $R_{\text{пар}}$ на частоте 1 МГц и сравнить со значением сопротивления R . Объяснить полученный результат.

37. Определить температурный коэффициент емкости $\alpha_{\text{пар}}$ для параллельного соединения двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2 и температурными коэффициентами емкости α_1 и α_2 .

38. Диэлектрик керамического конденсатора представляет собой статическую смесь двух материалов: типа Т-40 (на основе титаната циркония) и У-53 (на основе ультрафарфора). Каково должно быть объемное содержание обоих компонентов смеси, чтобы температурный коэффициент эффективной диэлектрической проницаемости системы β_ε был равен нулю?

$$\text{Для ТК - 40} \quad \varepsilon_1 = 40, \quad \beta_{\varepsilon_1} = -8 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1};$$

$$\text{Для У - 53} \quad \varepsilon_2 = 8,25, \quad \beta_{\varepsilon_2} = 10^{-4} \text{ К}^{-1}.$$

39. Рассчитать значения напряженности поля в слоях двухслойного диэлектрика, где h_1 и h_2 — толщина слоев, м; ε_1 и ε_2 их диэлектрические проницаемости, U — напряжение, приложенное к диэлектрику (слои соединены последовательно), В.

40. При измерении параметров слюдяного конденсатора на частоте 1 кГц получены данные: $C = 1050$ пФ; $\operatorname{tg} \delta = 80 \cdot 10^{-5}$. Каковы эквивалентное последовательное соединение и эквивалентное параллельное сопротивление на частоте 1 кГц?

41. Рассчитать эффективную диэлектрическую проницаемость неоднородного диэлектрика, который состоит из двух сплошных макроскопических объемов двух различных однородных диэлектриков, соединенных параллельно (объемные доли входных компонентов V_1 и V_2 , их относительные диэлектрические проницаемости ε_1 и ε_2).

42. Вычислить удельные магнитные потери в ферромагнитном материале по величине площади петли гистерезиса, описывая последнюю уравнениями эквивалентного эллипса в координатах « BH »: $H = H_m \sin(\omega t)$; $B = B_m \sin(\omega t - \delta)$,

где δ — угол магнитных потерь.

43. Во сколько раз потери в кабеле с полиэтиленовой изоляцией меньше, чем в том же кабеле с резиновой изоляцией?

Для полиэтилена: $\varepsilon_n = 2,4$; $\operatorname{tg} \delta_n = 2 \cdot 10^{-4}$.

Для резины: $\varepsilon_p = 3,8$; $\operatorname{tg} \delta_p = 2 \cdot 10^{-2}$.

44. Определить температурный коэффициент емкости батареи (α_s) состоящей из последовательного соединения двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2 и температурными коэффициентами α_1 и α_2 .

45. Построить векторную диаграмму, показывающую зависимость между электрическим напряжением и током при подаче на катушку индуктивности с магнитным сердечником, обладающим магнитными потерями, переменного напряжения, дать эквивалентную схему замещения, определить тангенс угла магнитных потерь.

46. Предполагая отсутствие потерь тепла, определить увеличение температуры полиэтиленового диэлектрика с размерами $1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}$ м после пребывания в течение 6 мин. в переменном поле частотой 10^9 Гц при максимальном напряжении 130 В. Удельная теплоемкость полиэтилена $C = 2,2 \cdot 10^3$ Дж/кгК; плотность $D_1 = 0,94 \cdot 10^{-5}$ кг/м²; коэффициент потерь $\varepsilon \operatorname{tg} \delta = 0,001$.

47. Рассчитать эффективную диэлектрическую проницаемость неоднородного диэлектрика, который состоит из двух различных однородных диэлектриков, соединенных последовательно. Объемные доли входящих компонентов V_1 и V_2 , их относительные диэлектрические проницаемости ε_1 и ε_2 .

48. Проволока должна, не претерпевая пластической деформации, выдержать нагрузку 56,1 Н. Сопротивление одного метра этой проволоки должно быть не более 0,036 Ом. Плотность сплава линейно зависит от содержания цинка. Предел текучести для латуни Л60 $\sigma_s = 74 \cdot 10^{-6}$ Н/м², для латуни Л80 $\sigma_s = 60 \cdot 10^{-6}$ Н/м², для меди $\sigma_s = 28 \cdot 10^{-6}$ Н/м². Относительная электропроводность (относительно чистой меди) для латуни Л60 $\gamma_{60}/\gamma_m = 0,21$, для латуни Л80 $\gamma_{80}/\gamma_m = 0,35$. Чему равен наименьший диаметр проволоки, изготовленной

из латуней Л60, Л80, из чистой меди? Какая проволока окажется наиболее экономически выгодной, если считать, что медь вдвое дороже цинка?

49. Рассчитать число витков в тороиде, если магнитный поток в его поперечном сечении $\Phi = 100$ Вб, относительная магнитная проницаемость $\mu = 100$, площадь поперечного сечения тороида $S = 0,01$ м², ток, протекающий по обмотке $I = 10$ А.

50. Определить силу, действующую на прямолинейный медный проводник длиной $L = 1$ м, сечением $S = 0,010$ м², если он находится под углом $\alpha = 30^\circ$ к вектору напряженности магнитного поля H и к его концам приложено напряжение $U = 10$ В. При этом напряженность магнитного поля $H = 100$ А/м.

51. Прямой магнит имеет длину $L = 0,01$ м и массы полюсов $m = 0,1$ кг. Определить величину и направление вектора напряженности поля, создаваемого магнитом в точке А, лежащей на продолжении оси магнита на расстоянии $a = 0,05$ м от южного полюса.

52. В сеть, проложенную медным проводом с поперечным сечением $S = 2 \cdot 10^{-6}$ м², поставлен предохранитель из свинцовой проволоки с сечением $0,2 \cdot 10^{-6}$ м². При коротком замыкании сила тока 30 А. Определить, через какое время после короткого замыкания проводов начнет плавиться предохранитель? Как за это время нагреются провода? Потерями тепла вследствие теплопроводности пренебречь. Считать удельную теплоемкость свинца постоянной и равной $C_1 = 0,032 \cdot 10^{-3}$ ккал/(кг·град), меди $C_2 = 0,091 \cdot 10^{-3}$ ккал/(кг·град), удельное сопротивление свинца $\rho_1 = 22 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, меди $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, температура плавления свинца $T_1 = 327^\circ\text{C}$. Температура проводов до замыкания $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Плотность меди $d_2 = 8,9$ Мг/м³, свинца $d_1 = 11,34$ Мг/м³.

53. Проводник с сопротивлением $R = 2000$ Ом состоит из угольного стержня и проволоки, имеющих температурные коэффициенты сопротивления $\alpha_1 = -10^{-3} \text{ K}^{-1}$ и $\alpha_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ соответственно. Какими следует выбирать сопротивления этих частей, чтобы общее сопротивление проводника R не зависело от температуры?

54. Реостат из железной проволоки, миллиамперметр, источник тока включены последовательно. При температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ сопротивление реостата $R_0 = 20$ Ом. Сопротивление прибора $R = 20$ Ом, проходящий через него ток $I_0 = 30 \cdot 10^{-3}$ А. Какой ток I_t будет показывать милли-

амперметр, если реостат нагреется до температуры $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$? Температурный коэффициент сопротивления железа $\alpha = 6 \cdot 10^{-3}\text{ }K^{-1}$.

55. Определить температурный коэффициент емкости батареи (α_s) состоящей из последовательного соединения двух конденсаторов с емкостями C_1 и C_2 и температурными коэффициентами α_1 и α_2 .

3. ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

3.1. Проводниковые материалы

Плотность тока в проводнике

$$J = qnV_{\text{др}},$$

где q — заряд носителя, Кл; n — число свободных носителей заряда в единице объёма (концентрация носителей); $V_{\text{др}}$ — средняя скорость упорядоченного движения носителей, возникшего под действием электрического поля (определяет дрейф электронов), м/с.

$$V_{\text{др}} = \mu E, \text{ м/с},$$

где μ — коэффициент подвижности носителя, $\text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$; E — напряженность электрического поля, В/м.

$$J = \gamma E = \frac{E}{\rho}, \text{ А/м}^2,$$

где $\gamma = qn\mu$, См/м — удельная электропроводность материала.

Удельная электропроводность в случае наличия различных видов зарядов в материале

$$\gamma = \sum_i |q_i| n_i \mu_i, \text{ См/м}.$$

Электрическая проводимость образца проводникового материала

$$G = \gamma \Lambda = \frac{\Lambda}{\rho},$$

где Λ — геометрический параметр тела, называемый приведённой длиной, м.

Рассеиваемая мощность

$$P = U^2 G = \frac{U^2}{R}, \text{ Вт.}$$

Приведенная длина Λ для тела с постоянным для всей длины сечением и осевой длиной

$$\Lambda = S/l, \text{ м.}$$

Приведенная длина Λ для цилиндра с внешним диаметром D , м; внутренним диаметром d , м и осевой длиной l , м.

$$\Lambda = \frac{2\pi l}{\ln(D/l)}, \text{ м.}$$

Удельное сопротивление и удельная проводимость проводников в зависимости от температуры, концентрации и длины свободного пробега заряженной частицы:

$$\rho = 2 \cdot \sqrt{3mkT} n^{-1} e^{-2} l^{-1}, \text{ Ом} \cdot \text{ м;}$$

$$\gamma = \frac{e^2 n l}{2\sqrt{3kmT}}, \text{ См/м;}$$

$$\gamma = \frac{e^2 n l}{2mV_T}, \text{ См/м;}$$

$$V_T = \sqrt{\frac{3kT}{m}}, \text{ м/с;}$$

$$V_T = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{9 \cdot 10^{-31}}} \approx 10^{-5}, \text{ м/с;}$$

$$\lambda = \frac{h}{mV_T}, \text{ м};$$

где $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$, кг — масса покоя электрона; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$, Дж/К — постоянная Больцмана; T , К — термодинамическая температура; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$, Кл — заряд электрона; l , м — длина свободного пробега; λ , м — длина волны электромагнитного излучения электрона; $V_T \gg V_{\text{Э}}$; V_T , м/с — скорость тепловых движений свободных электронов; $V_T \approx 10^5$, м/с; $V_{\text{Э}} \approx 10^{-3}$, м/с при $E = 1$, В/м.

Удельное электросопротивление образца при его деформации

$$\rho = \rho_0(1 \pm S\delta), \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

где ρ — удельное сопротивление металлов при механическом напряжении Ом/м; ρ_0 — удельное сопротивление металла не подверженно-го механическим напряжениям, Ом/м; S — коэффициент, характеризующий данный металл, $\text{м}^3 \cdot \text{Ом/Н}$; δ — механическое напряжение, Н/м^2 .

Закон Видемана – Франца – Лоренца

$$\frac{\lambda}{\gamma} = L_0 T, \frac{\text{В}^2}{\text{К}},$$

где λ — коэффициент теплопроводности металлов, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; L_0 — число Лоренца, $\text{В}^2/\text{К}^2$.

Термоэлектродвижущая сила

$$U = \frac{k}{e}(T_1 - T_2) \ln \frac{n_A}{n_B}, \text{ В},$$

где n_A и n_B — концентрации свободных электронов в металлах А и В.

$$U = K_T(T_1 - T_2), \text{ В},$$

где K_T — постоянный для данной пары проводников коэффициент термо - ЭДС.

Температурный коэффициент линейного расширения проводников

$$TK_l = \frac{1}{l} \frac{dl}{dT}, K^{-1},$$

где l — произвольный линейный размер изделия из данного материала, м.

Температурный коэффициент электросопротивления с учетом влияния температурного коэффициента линейного расширения

$$TK_R = TK_\rho - TK_l, K^{-1}.$$

Коэффициент тензочувствительности тензометрических сплавов

$$K_{\text{ТЕНЗ}} = (\Delta R / R) / (\Delta l / l),$$

где ΔR — изменение сопротивления R ; Δl — приращение линейного размера l .

3.2. Магнитные материалы

Удельные (отнесенные к единице объема) потери на гистерезис

$$P_\Gamma = \oint H dB, \text{ Дж/м}^3,$$

где H — напряженность магнитного поля; А/м, B — магнитная индукция, Тл.

При перемагничивании материала с частотой f мощность потерь на единицу массы находят по формуле

$$P_{\Gamma}^* = f \frac{\oint H dB}{D}, \text{ Вт/кг},$$

где D — плотность материала, кг/м³.

Абсолютная магнитная проницаемость

$$\mu_a = B/H, \text{ Гн/м}.$$

Относительная магнитная проницаемость

$$\mu = \mu_a / \mu_0.$$

Магнитная проницаемость в точке A

$$\mu_A = \frac{B_A}{\mu_0 H_A} = \operatorname{tg} \alpha_A.$$

Начальная магнитная проницаемость

$$\mu_{\text{нач}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{нач}}.$$

Максимальная магнитная проницаемость

$$\mu_{\text{max}} = \frac{B_{\mu_{\text{max}}}}{\mu_0 H_{\mu_{\text{max}}}}.$$

Дифференциальная магнитная проницаемость

$$\mu_{\text{диф}} = \frac{1}{\mu_0} \frac{dB}{dH}.$$

Импульсная магнитная проницаемость

$$\mu_{\text{и}} = \frac{1}{\mu_0} \frac{\Delta B_{\text{и}}}{\Delta H_{\text{и}}}.$$

Амплитудная проницаемость

$$\mu_{\Pi} = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_{max}}{H_{max}}.$$

Упругая проницаемость

$$\mu' = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_{max1}}{H_{max}}.$$

Проницаемость потерь

$$\mu'' = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_{max2}}{H_{max}}.$$

Комплексная магнитная проницаемость

$$\tilde{\mu} = \frac{B_{max} e^{i(\omega t - \delta)}}{\mu_0 H_{max} e^{i\omega t}} = \mu_{\Pi} e^{-i\delta} = \mu' - i\mu''.$$

Тангенс угла потерь в магнитном материале

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\mu''}{\mu'}.$$

Температурный коэффициент магнитной проницаемости

$$\operatorname{TK}_{\mu} = \frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dT}.$$

Потери на вихревые токи

$$P_B = \frac{164 d^2 f^2 B_{max}^2}{\gamma \rho},$$

где B_m — амплитуда магнитной индукции, Тл; f — частота переменного тока, Гц; d — толщина листа, м; γ — плотность, кг/м³; ρ — удельное электросопротивление, Ом·м.

Магнитная проницаемость магнитодиэлектрика

$$\mu_{\text{мд}} = \frac{1}{\frac{1}{\mu} + \frac{V_{\text{от}}}{3}},$$

где V — относительный объем, занимаемый изолирующей массой (коэффициент заполнения).

Зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля

$$\mu_{\text{мд}} = \mu_{\text{мд.нач}} (1 + \alpha H),$$

где
$$\alpha = \frac{\mu_{\text{мд}} - \mu_{\text{мд.нач}}}{\mu_{\text{мд.нач}}}.$$

Температурная зависимость проницаемости магнитодиэлектрика при небольшом интервале изменения температуры

$$\mu_{\text{мд}t_2} = \mu_{\text{мд}t_1} [1 + \beta_{\mu_{\text{мд}}} (t_2 - t_1)],$$

где $\beta_{\mu_{\text{мд}}}$ — температурный коэффициент магнитной проницаемости магнитодиэлектрика.

Тангенс угла потерь магнитодиэлектрика

$$\text{tg} \delta_M = \delta_{\Gamma} H + \delta_B f + \delta_D,$$

где $\delta_{\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{2\pi f L H}$, $\delta_B = \frac{r_B}{2\pi f^2 L}$, $\delta_D = \frac{r_D}{2\pi f L}$ коэффициенты потерь на гистерезис, вихревые токи и дополнительные потери соответственно;

R_{Γ} — сопротивление потерь за счет гистерезиса; $r_{\text{в}}$ — сопротивление потерь за счет вихревых токов; $r_{\text{д}}$ — дополнительное сопротивление потерь.

Зависимость клирфактора от потерь на гистерезис

$$K_{\Phi} \approx 0,62 \delta_{\Gamma} H \cdot$$

Удельная магнитная энергия

$$W_A = \frac{B_A H_A}{2}, \text{ Дж/м}^3,$$

где B_A , H_A — остаточные индукция и напряженность магнитного поля, соответственно.

Коэффициент выпуклости кривой размагничивания материала

$$\gamma = \frac{B_m H_m}{B_r H_c},$$

где B_r , H_c — остаточная индукция и коэрцитивная сила соответственно.

Коэффициент возврата

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta B}{\mu_0 \Delta H},$$

где ΔB — изменение индукции, соответствующее изменению напряженности поля ΔH .

Минимальная продолжительность импульса Δt при котором весь объем магнита пронизывается магнитным полем

$$\Delta t = 6,4 \gamma \frac{B}{H} D^2 \cdot 10^{-9},$$

где γ — удельная проводимость магнита, См/м; D — эффективный диаметр магнита, м.

3.3. Диэлектрические материалы

Комплексная диэлектрическая проницаемость

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'',$$

где ε' — действительная часть; ε'' — мнимая часть, которую называют коэффициентом потерь.

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \operatorname{tg} \delta.$$

*Комплексная емкость C^** в этом случае представляется в следующем виде

$$C^* = \varepsilon' C_B - i\varepsilon'' C_B = C' - iC'',$$

где C_B — емкость вакуумного конденсатора, Ф.

Полная комплексная проводимость конденсатора в этом случае может быть представлена так

$$Y = i b^* = i \omega C^* = i \omega C' + \omega C'' = g + i b,$$

где $b = \omega C'$ — реактивная проводимость, См; $g = \omega C''$ — активная проводимость конденсатора, См.

Активный ток через диэлектрик конденсатора равен

$$I_a = gU = \omega C'' U = \omega \varepsilon'' C_B U.$$

Реактивный ток

$$I_p = bU = \omega C' U = \omega \varepsilon' C_B U.$$

Тангенс угла потерь

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_a}{I_p} = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}.$$

Дополнительная электрическая энергия заряженной частицы

$$W = qU_\lambda,$$

где q — заряд, Кл; U_λ — падение напряжения на длине свободного пробега заряда, В.

Если поле однородно, то можно сказать, что

$$U_\lambda = E\lambda,$$

где E — напряженность поля, В/м; λ — длина свободного пробега заряженной частицы, м.

Отсюда

$$W = Eq\lambda.$$

Энергия ионизации

$$W_{\text{и}} = U_{\text{и}}q.$$

Уравнение теплового баланса в диэлектрике при постоянном напряжении

$$\sigma(t_p - t_0) = 0,24E^2\gamma h.$$

где σ — коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·град.

Уравнение теплового баланса в диэлектрике при переменном напряжении имеет вид

$$P_x \operatorname{tg} \delta = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta = \sigma S(t_p - t_0),$$

где P_x — реактивная мощность, ва; ω — угловая частота; S — площадь поверхности диэлектрика, м²; t_p — температура диэлектрика, °C; t_0 — температура окружающей среды, °C.

Если диэлектрик находится в тепловом равновесии, то теплового пробоя не будет. Допустимое рабочее напряжение можно определить по формуле

$$U_{\text{раб}} = \sqrt{\frac{\sigma S(t_p - t_0)}{\omega C \operatorname{tg} \delta}}.$$

При критической температуре наступает пробой диэлектрика. Пробивное напряжение в этом случае определится по следующей формуле

$$U_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{\sigma S(t_{\text{кр}} - t_0)}{\omega C \operatorname{tg} \delta_{\text{кр}}}},$$

где $\operatorname{tg} \delta_{\text{кр}}$ — тангенс угла потерь при критической температуре.

3.4. Полупроводниковые материалы

Общая концентрация электронов в зоне проводимости

$$n = \theta_n e^{-\frac{\mu}{kT}},$$

где θ_n — функция эффективной массы электрона при абсолютной температуре T , μ — уровень Ферми.

Концентрация дырок в валентной зоне

$$p = \theta_p e^{-\frac{\mu + W_0}{kT}},$$

где θ_p — функция эффективной массы дырки при абсолютной температуре T ; W_0 — энергия запрещенной зоны.

При сильных электрических полях увеличивается вероятность теплового возбуждения электронов и удельная проводимость γ возрастает по закону Пуля

$$\gamma = \gamma_0 e^{\alpha(E-E_{\text{кр}})},$$

где $E_{\text{кр}}$ — напряженность электрического поля, при которой начинает возрастать проводимость γ .

Разность уровней Ферми в электронной области μ_n и в дырочной μ_p .

$$\varphi_0 = \mu_n - \mu_p = kT \ln \frac{p}{n},$$

где p и n — концентрация основных носителей соответственно в p - и n -областях.

Значения μ_n и μ_p можно легко найти из выражений:

$$n = \theta_n e^{\frac{\mu_n}{kT}}; \quad p = \theta_p e^{-\frac{W_0 + \mu_p}{kT}}.$$

Внешнее поле в p - n -переходе направлено обратно контактному, поэтому потенциальный барьер снижается на величину $e_0 U$. Такое включение называют прямым. При этом потенциальный барьер $\varphi_{\text{пр}}$ снижается на величину eU

$$\varphi_{\text{пр}} = \varphi_0 - eU,$$

где e — заряд электрона, U — контактная разность потенциалов.

Проводимость запирающего слоя при этом велика. При изменении полярности напряжения p - n -переход будет смещен в обратном направлении, а потенциальный барьер увеличивается. Такое включение именуют обратным

$$\varphi_{\text{обр}} = \varphi_0 + eU.$$

Плотность диффузионного тока выражается следующим образом

$$j_{\text{диф}} = e D_p \frac{dp_n}{dx},$$

где D_p — коэффициент диффузии дырок; $\frac{dp_n}{dx}$ — градиент концентрации неосновных носителей — дырок вдоль оси x в n -области.

Коэффициент диффузии D_p связан с подвижностью носителей u_p соотношением

$$D_p = \frac{kT}{e} u_p.$$

Диффузионная длина тем больше, чем выше коэффициент диффузии и чем продолжительнее жизнь дырок τ_p до момента рекомбинации,

$$L_p = \sqrt{D_p \tau_p}.$$

Плотность прямого тока

$$j_{\text{пр}} = j_s (e^{\frac{eU}{kT}} - 1),$$

где j_s — плотность тока насыщения; А/м^2 ; U — приложенное напряжение на p - n -переходе, В.

Плотность обратного тока

$$j_{\text{обр}} = j_s (e^{-\frac{eU}{kT}} - 1).$$

Если обратное напряжение $|U| \gg \frac{kT}{e}$, то обратный ток оказывается независимым от напряжения.

$$j_{\text{обр}} = -j_s.$$

Плотность тока насыщения обычно весьма мала, она имеет две составляющие — электронную и дырочную

$$j_s = e \left(\frac{D_n n_p}{L_n} + \frac{D_p p_n}{L_p} \right).$$

Выражение для емкости асимметричного n - p -перехода, когда, например, концентрация N_a акцепторов в p -области больше концентрации N_d доноров в n -области, имеет вид

$$C = F \sqrt{\frac{\epsilon \epsilon_0 e N_d}{2(U + U_m)}},$$

где F — площадь сечения перехода, м^2 .

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит эквивалент химического элемента?
 2. Масса 2,24 л газа (условия нормальные) равна 2,8 г. Чему равна молекулярная масса газа: а) 28; б) 42?
 3. Какое название соответствует соли $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$: а) гидрокарбонат меди; б) карбонат гидроксомеди; в) карбонат дигидроксомеди?
 4. Почему удельное сопротивление металлов растет с повышением температуры?
 5. У какого из атомов первый потенциал ионизации выше — у бериллия или у бора?
 6. Какова кратность связи в молекуле NO: а) два; б) два с половиной; три?
- П о т о м у , ч т о 1) число связывающих электронов на π -орбиталях равно четырем; 2) число связывающих электронов на пять больше числа разрыхленных электронов; 3) атом азота имеет три неспаренных электрона.
7. Какой из перечисленных ионов обладает большим поляризующим действием : а) Na^+ ; б) Ca^{2+} ; в) Mg^{2+} ; г) Al^{3+} ?

8. Одинакова ли пространственная структура диамагнитного иона $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ и парамагнитного иона $[\text{PdCl}_4]^{2-}$: а) одинакова; б) неодинакова?

Потому что: 1) электронная конфигурация валентных орбиталей центральных ионов выражается общей формулой nd^8 ; 2) σ - связи образуются при участии неодинаковых акцепторных орбиталей сравниваемых центральных ионов.

9. Какие из перечисленных соединений взаимодействуют с раствором аммиака: а) $\text{Cu}(\text{OH})_2$, AgCl ; в) AgI ?

10. С какими из перечисленных веществ будет взаимодействовать соляная кислота: а) Zn ; б) Hg ; в) HgS ; г) $\text{Cd}(\text{OH})_2$; д) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$; е) $\text{Zn}(\text{OH})_2$?

11. Какие продукты образуются при взаимодействии AlCl_3 и Na_2CO_3 в водном растворе: а) $\text{Al}(\text{OH})_3$ и CO_2 б) $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ и NaCl ?

12. Что называют температурным коэффициентом удельного сопротивления. Является ли он константой для данного металла?

13. Как влияют примеси на удельное сопротивление металлов?

14. Как влияет закалка металлов на их удельное сопротивление?

15. Как влияет отпуск металлов на их удельное сопротивление?

16. В чем сущность и природа явления сверхпроводимости?

17. Какие применения в электронике находит явление сверхпроводимости?

18. Объясните работу генератора СВЧ, используя эффект Джозефсона?

19. Почему металлические сплавы типа твердых растворов обладают более высоким удельным сопротивлением, нежели чистые компоненты, образующие сплав?

20. Объясните поведение проводников на высоких частотах?

21. Как зависит удельное сопротивление тонких металлических пленок от их толщины и почему?

22. Какие свойства меди обуславливают ее широкое применение в электронной технике?

23. Что такое латуни? Какое применение они находят в радиоэлектронике?

24. Какие бронзы применяются в радиоэлектронике? В чем особенности бериллиевой бронзы?

25. Какими преимуществами и недостатками по сравнению с медью обладает алюминий как проводниковый металл?

26. Какие металлические сплавы высокого электросопротивления нашли применение в радиоэлектронной технике и для каких целей?

27. Чем обусловлено широкое применение тантала в конденсаторостроении?

28. Какие материалы применяются для производства анодов, сеток, катодов?

29. Какие проводниковые материалы применяются для производства пленочных резисторов? Почему?

30. По какому принципу подбираются проводниковые материалы для соединений со стеклом, керамикой и полупроводниками? Какие материалы применяют для этого?

31. Что такое собственный полупроводник? Какими свойствами он обладает? Может ли примесный полупроводник обладать собственной электропроводностью?

32. Какие примеси в ковалентных полупроводниках являются донорами, а какие акцепторами?

33. Какие основные параметры полупроводниковых материалов?

34. Каким требованиям должны удовлетворять материалы для транзисторов?

35. Каким требованиям должны удовлетворять материалы для датчиков Холла и магниторезисторов?

36. Каким требованиям должны удовлетворять материалы для термисторов, варисторов, фоторезисторов?

37. Какие основные механизмы рассеяния ограничивают подвижность носителей заряда в ковалентных полупроводниках?

38. Может ли проводимость полупроводников уменьшаться при повышении температуры?

39. От каких факторов зависит электросопротивление полупроводников?

40. Какие физические факторы обуславливают нарушение закона Ома в полупроводниках при воздействии на них сильного электрического поля?

41. В каких полупроводниках можно наблюдать эффект Ганна?

42. Назовите основные технологические операции при получении чистых полупроводниковых материалов?
43. Какие преимущества кремния обуславливают его широкое применение при изготовлении планарных транзисторов и интегральных микросхем?
44. Каковы особенности арсенида галлия?
45. Какие материалы используют для изготовления инжекционных лазеров и световодов?
46. Где применяются материалы типа A^{IV} и B^{IV} ?
47. Для каких целей перспективно использование полупроводников типа A^{III} и B^{V} и твердых растворов на их основе?
88. Какие виды поляризации диэлектриков можно считать мгновенными и какие являются замедленными?
49. Какие диэлектрики являются полярными? неполярными? линейными, нелинейными?
50. Каков механизм электропроводности твердых диэлектриков? Как влияет температура на их удельную проводимость?
51. Что называется диэлектрическими потерями?
52. Как рассчитать потери в диэлектрике, используя схемы замещения?
53. Какими параметрами характеризуются потери?
54. Как рассчитать удельные потери в диэлектрике?
55. Как влияет давление газа на его электрическую прочность?
56. Каков механизм пробоя твердых диэлектриков?
57. Чем определяется нагревостойкость диэлектриков?
58. Каким образом можно классифицировать диэлектрики по свойствам и технологическому назначению?
59. Какие полимеры используются в качестве высокочастотных диэлектриков и почему?
60. Какие жидкие и газообразные диэлектрики применяются в радиоэлектронике?
61. Назовите основные преимущества кремнийорганических компаундов?
62. Рассмотрите применение полиамидов в радиоэлектронике?
63. Рассмотрите свойства и укажите возможные области применения ситаллов.

64. Приведите примеры установочных высокочастотных и керамических диэлектриков, назовите наиболее характерные области их применения?

65. На каких принципах основано создание термостабильной конденсаторной керамики?

66. Сформулируйте требования к изоляционным материалам.

67. Сформулируйте требования к конденсаторным диэлектрическим материалам.

68. Охарактеризуйте слюдяные конденсаторы.

69. Охарактеризуйте керамические конденсаторы.

70. Охарактеризуйте электротехнические конденсаторы.

71. Рассмотрите основные типы конденсаторов с твердым диэлектриком и укажите частотные диапазоны возможного их применения.

72. Как рассчитывается ТКС при параллельном соединении конденсаторов? При последовательном?

73. Какими факторами можно уменьшить влияние активного сопротивления на емкость конденсатора?

74. Чем обуславливается индуктивность конденсаторов различного типа?

75. Как определить полные потери энергии в конденсаторе?

76. Как классифицируются вещества по их магнитным свойствам?

77. Чем отличаются ферромагнетики и ферримагнетики?

78. Какие процессы происходят в ферромагнетике при его намагничивании внешним полем?

79. Как изменяется статическая магнитная проницаемость ферромагнетика от напряженности внешнего магнитного поля?

80. В чем заключается явление магнитострикции? Какое влияние оно оказывает на процесс намагничивания ферромагнетика?

81. Как изменяется индукция насыщения ферромагнетика при увеличении температуры?

82. Каковы причины появления магнитных потерь при циклическом перемагничивании материала?

83. Каковы виды магнитных потерь? Как бороться с магнитными потерями?

84. Какими параметрами характеризуются магнитные потери?

85. Каковы критерии выбора высокочастотных магнитных материалов?

86. Почему переменный магнитный поток неравномерно распределяется по сечению сплошного магнитопровода? Как это сказывается на значении динамической магнитной проницаемости?

87. Что такое комплексная магнитная проницаемость? Для каких расчетов ее следует использовать?

88. Какие магнитные материалы используют в устройствах вычислительной техники?

89. В каких магнитных материалах и при каких условиях можно получить цилиндрические магнитные домены (ЦМД)? На чем основано применение ЦМД в вычислительной технике?

90. В каких устройствах радиоэлектроники находят применение терромагнитные материалы? магнитострикционные?

91. Какие магнитомягкие материалы имеют высокое значение магнитной проницаемости в слабых магнитных полях?

92. Каково влияние кремния на свойства электротехнической стали?

93. Какое влияние оказывают анизотропия и текстура на магнитные свойства материалов?

94. Что такое терромагнитная обработка материалов? Когда она применяется?

95. Почему ферриты с высокой магнитной проницаемостью обладают невысокой точкой Кюри?

96. Каковы частотные характеристики высокопроницаемых и низкопроницаемых ферритов?

97. Какие физические эффекты лежат в основе применения СВЧ – ферритов?

98. Каково строение магнитодиэлектриков? Где они используются в радиоэлектронике?

99. Назовите и охарактеризуйте магнитотвердые ферриты.

100. Какие физические принципы положены в основу магнитной записи и воспроизведения информации?

101. Какие диэлектрики называются активными?

102. В чем состоит различие требований к активным и пассивным диэлектрикам?

103. Как объяснить прямой и обратный пьезоэффекты?

104. Какие основные параметры характеризуют пьезоэлектрики?

105. От каких факторов зависят пьезоэлектрические свойства сегнетоэлектрической керамики?
106. Каковы свойства электрооптических материалов?
107. В чем сущность эффекта Поккельса?
108. В чем сущность эффекта Керра?
109. Каковы требования к электрооптическим кристаллам?
110. Каково строение жидких кристаллов? Каковы перспективы их применения?
111. Какие основные требования предъявляются к диэлектрику как лазерному материалу?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лучинский Г.П. Курс химии: Учебник для инженерно - технических (нехимических) вузов / Г.П. Лучинский. — М.: Высш. шк., 1985. — 416 с.
2. Серета І.П. Хімія. Основні закони і рівняння / І.П. Серета.— К.: Либідь, 1999. — 80 с. Укр. і рос. Мовами.
3. Некрасов Б.В. Курс общей химии / Б.В. Некрасов. — М.: Госхимиздат, 1991. — 972 с.
4. Курс общей химии: Учеб. пособие для вузов / Э.И. Мингулина, Г.Н. Масленникова, Н.В. Коровин / Под ред. Н.В. Коровина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — 446 с.
5. Пасынков В. Б. Материалы электронной техники/ В.Б. Пасынков — М.: Высш. шк., 1988. — 406 с.
6. Селезнев Ю.В. Автоматический контроль магнитных параметров/ Ю.В. Селезнев. — М.: Высш. шк., 1999. — 287 с.
7. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. — М.: Высш. шк., 2001. — 641с.