

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)**

Л.Ю.Солдатова

Технологии и материаловедение

Методические указания и задания
для практических занятий и самостоятельной работы
студентов специальности 220601
«Управление инновациями»

Томск 2012

Содержание

1. Общие указания по решению задач.....	3
2. Проводниковые материалы.....	4
3. Диэлектрические материалы.....	9
4. Магнитные материалы.....	16
5. Методические указания по самостоятельной работе.	17
Список литературы.....	19

1. Общие указания по решению задач

Прежде чем решать задачу, надо вспомнить физические процессы, законы и соотношения, относящиеся к данному вопросу. Обратите внимание на размерности заданных величин. При необходимости надо перевести размерности в одну систему единиц. Все аналитические решения следует проводить по общеизвестным правилам. Рекомендуется решать задачи в общем виде. Сначала записать исходные формулы, сделать при необходимости соответствующие преобразования, получить конечные формулы, а затем подставить в эти формулы числовые значения и вычислить результат. При выполнении вычислений рекомендуется сначала сократить порядки, а потом производить выполнение арифметических действий со значащими цифрами. Если решение задачи в общем виде связано с громоздкими выражениями, то можно производить решение по шагам. Ход всех преобразований должен быть объяснен. Вычисления, как правило, достаточно делать с точностью до второго знака после запятой, нет смысла производить вычисления с точностью до третьего знака, так как исходные данные обычно бывают заданы с меньшей точностью.

Для выполнения заданий студенту на практических занятиях необходимо иметь при себе тетрадь для практических занятий, ручку, конспект лекций или учебник по курсу, микрокалькулятор или другое устройство, с помощью которого можно проводить вычисления.

Пример решения задачи. Сколько витков нихромовой проволоки диаметром 1 мм надо намотать на фарфоровый цилиндр диаметром 5 см, чтобы изготовить печь сопротивлением 40 Ом, если для нихрома

$$\rho = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Решение. Сопротивление провода определяется по формуле:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}, \quad (1)$$

где l – длина провода,

s – площадь поперечного сечения провода, $s = \pi \cdot d^2 / 4$.

Диаметр проволоки $d = 1 \text{ мм} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Диаметр цилиндра $D = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

Из формулы (1) следует, что длина проволоки l равна $l = \frac{R \cdot s}{\rho}$.

Число витков равно $n = \frac{l}{\pi \cdot D}$.

Следовательно, $n = \frac{R \cdot s}{\rho \cdot \pi \cdot D}$, подставим в эту формулу числовые значения,

$$\text{получаем } n = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2}{1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = \frac{40}{20 \cdot 10^{-2}} = 200.$$

Проверяем размерность: $(\text{Ом} \cdot \text{м}^2) / (\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{м})$

Ответ: $n = 200$ витков.

2 Проводниковые материалы

2.1 Определить в омах сопротивление медного провода длиной 100 метров и диаметром 1 мм. Удельное сопротивление меди $\rho = 1,6 \cdot 10^{-6}$ Ом·см.

2.2 В проводнике сечением 1 мм^2 протекает электрический ток в 1 А. Найти среднюю скорость упорядоченного движения электронов, если в 1 м^3 проводника содержится 10^{29} электронов проводимости. Заряд электрона $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

2.3

2.4 Какой следует взять диаметр медного провода, чтобы падение напряжения на нем на расстоянии 1,4 км равнялось 1 В при токе в 1 А ?

($\rho_{\text{Cu}} = 0,017$ мкОм·м.).

2.5 Определить среднюю скорость дрейфа электронов в медном проводнике с площадью поперечного сечения 10 мм^2 и сопротивлением 10 Ом при напряжении 0,1В. Концентрация электронов 10^{29} м^{-3} .

2.6 Чему равна скорость дрейфа электронов в меди при температуре 20°C и напряженности электрического поля 0,01 МВ/м? $n = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$, $\rho_{\text{Cu}} = 0,017$ мкОм·м.

2.7 Напряженность электрического поля в меди 0,12 В/м. Как и во сколько раз изменится скорость дрейфа электронов в меди при температуре 320°C по сравнению с дрейфовой скоростью при температуре 20°C ? При 20°C $\rho_{\text{Cu}} = 0,017$ мкОм·м, $\text{TK}_{\rho_{\text{Cu}}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $n = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

2.12

2.8 Определить сопротивление отрезка медного провода диаметром 2 мм, если масса всего отрезка 0,893 кг? Удельное сопротивление меди $\rho = 0,017 \cdot 10^{-4}$ Ом·см и плотность $\tau = 8,93 \text{ г/см}^3$.

2.9 Обмотка катушки из медной проволоки при температуре 14°C имеет сопротивление 10 Ом. После пропускания тока сопротивление обмотки стало 12,2 Ом. До какой температуры нагрелась обмотка? $\rho_{\text{Cu}} = 0,017$ мкОм·м, $\text{TK}_{\rho_{\text{Cu}}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

2.10 Удельное сопротивление Al при 0°C равно $\rho = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^{-1}$, температурный коэффициент удельного сопротивления $0,0043^\circ\text{C}^{-1}$. Найти в омах сопротивление алюминиевого провода длиной $l = 200$ м и сечением $S = 6 \text{ мм}^2$ при температуре $t = 40^\circ\text{C}$.

2.11 Сопротивление электрической лампочки 120 В, 100 Вт в накаливаемом состоянии больше, чем в холодном в 10 раз. Найти ее сопротивление в холодном состоянии и температурный коэффициент сопротивления, если температура накала нити 2000°C .

2.12 Насколько изменяется при переходе от зимы к лету сопротивление телеграфной линии, если она проложена железным проводом с поперечным сечением в 10 мм^2 ? Температура изменяется от -30 до $+30^\circ\text{C}$. Длина провода зимой равна 100 км. Удельное сопротивление зимой $\rho_0 = 8,7 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, температурный коэффициент сопротивления равен $6 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$. Как изменится результат, если учесть удлинение провода при нагревании? Коэффициент линейного расширения железа $\text{TKl} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$.

2.13 Из железной проволоки диаметром 0,2 мм надо намотать электронагревательный элемент мощностью 90 Вт с рабочей температурой 520°C. Напряжение сети 220 В. Какова должна быть длина проволоки элемента, если удельное сопротивление железа при комнатной температуре $\rho = 0,1 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, а $\text{TK}_\rho = 6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$?

2.14 Из нихромового провода диаметром 1 мм изготовлен нагревательный элемент, мощность которого при 800°C равна 1,2 кВт. Напряжение 220 В. Чему равна длина провода нагревательного элемента? При 20°C удельное сопротивление нихрома $1 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_\rho = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.

2.15 Нить лампы накаливания изготовлена из вольфрама. При рабочем напряжении 220 В мощность лампы 150 Вт, а температура нити 3000°C. Чему равно сопротивление нити накаливания при 20°C? При 20°C удельное сопротивление вольфрама $0,055 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_\rho = 5 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.

2.16 Сопротивление отрезка провода из чистого металла при температуре минус 50°C равно 100 Ом, а при плюс 50°C равно 160 Ом. Определить температурный коэффициент удельного сопротивления и материал провода.

2.17 При повышении температуры от 20°C до 94°C удельное электрическое сопротивление проводника из чистого металла возросло в 1,48 раз. Из какого металла изготовлен проводник?

2.18 Сопротивление провода из чистого металла при 20°C и 100°C соответственно 19,4 Ом и 29,1 Ом. Длина провода 400 м. Чему равна площадь поперечного сечения провода?

2.19 При повышении температуры с 20 до 105°C сопротивление проводника из чистого металла увеличилось в 1,57 раза. Чему равно удельное сопротивление металла?

2.20 Сопротивление провода при температурах 20 и 100°C соответственно равно 6,1 и 9 Ом. Определите среднее значение температурного коэффициента сопротивления материала провода. Укажите, какому металлу оно соответствует. Чему равно сечение провода, если его длина 1000 м?

2.21 Электрическая лампочка с вольфрамовой нитью рассчитана на 220 В и потребляет мощность 40 Вт. Определить длину нити этой лампочки, если диаметр нити 0,01 мм. Температура нити при горении лампы 2700 К. Удельное сопротивление вольфрама при 0°C равно $0,055 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, а температурный коэффициент сопротивления вольфрама равен $5 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

2.22 Требуется изготовить нагревательную спираль для электрической плитки мощностью 0,5 кВт, предназначенной для включения в цепь с напряжением 220 В. Сколько метров нихромовой проволоки диаметром 0,4 мм нужно взять для этого? Удельное сопротивление нихрома в нагретом состоянии $\rho = 1,05 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_\rho = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.

2.23 Во сколько раз активное электрическое сопротивление круглого медного провода диаметром 0,5 мм при температуре 150°C на частоте 50 МГц больше сопротивления этого же провода при температуре 50°C на частоте 1 МГц? Длина провода 7,2 м, $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_{\rho_{\text{Cu}}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.

2.24 Во сколько раз активное электрическое сопротивление круглого медного провода длиной 5,6 м и диаметром 0,9 мм при температуре 60⁰С на частоте 1 МГц больше сопротивления этого же провода постоянному току при температуре 20⁰С? $\rho_{Cu} = 0,017 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_{\rho_{Cu}} = 4,3\cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$.

2.25 На переменном токе на частоте 100 МГц активное электрическое сопротивление круглого медного провода равно 4,7 Ом. На поверхность этого провода нанесли слой серебра. Какой должна быть толщина слоя серебра, чтобы сопротивление этого провода на частоте 1 ГГц определялось только слоем серебра? $\rho_{Cu} = 0,017 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\rho_{Ag} = 0,015 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$.

2.26 При протекании электрического тока 5 А по проводу, длина которого 10,8 м, диаметр 2,25 мм, затрачивается мощность 1,8 Вт. Температура провода 293 К. Чему равна удельная теплопроводность металла, из которого сделан провод? Число Лоренца металла равно $2,1\cdot 10^{-8} \text{ В}^2/\text{K}^2$.

2.27 Резистор на плоской диэлектрической поверхности образован резистивным слоем прямоугольной формы. Ширина резистивного слоя 0,4 мм, а длина - 3 мм. Электрическое сопротивление резистора равно 4,5 кОм. Как и во сколько раз изменится сопротивление резистора, если ширину резистивного слоя увеличить в 2 раза, а длину уменьшить в 2 раза?

2.28 Сопротивление плоской резистивной пленки прямоугольной формы равно 4,5 кОм. Ширина резистивного слоя 0,4 мм, а длина - 3 мм. Чему равно сопротивление квадрата пленки? Какое следует взять соотношение сторон прямоугольника для изготовления из этого резистивного слоя резистора с электрическим сопротивлением 7,5 кОм?

2.29 Резистор изготовлен из двух прямоугольных полосок молибденовых пленок, соединенных последовательно. Сопротивление квадрата первой пленки равно 400 Ом, второй - 1000 Ом. Температурные коэффициенты сопротивления соответственно равны $0,8\cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ и $-1,8\cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Пленки имеют одинаковую длину $l_1 = l_2 = l$, а ширина первой пленки равна $b_1 = 0,2$ мм. Какое должно быть отношение b_2/b_1 , чтобы суммарное сопротивление резистора не зависело от температуры в интервале от 10⁰С до 40⁰С?

2.30 Резистор изготовлен из двух прямоугольных полосок молибденовых пленок, соединенных последовательно. Сопротивление квадрата первой пленки равно 400 Ом, а второй - 1000 Ом. Температурные коэффициенты сопротивления соответственно равны $0,8\cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ и $-1,8\cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Пленки имеют одинаковую ширину $b_1 = b_2$. Какое должно быть отношение длин пленок l_2/l_1 , чтобы суммарное сопротивление резистора не зависело от температуры в диапазоне от 10⁰С до 40⁰С?

2.31 При температуре 20⁰С удельное электрическое сопротивление меди, легированной 1,13 ат.% сурьмы равно 0,076 мкОм·м. Чему равно удельное сопротивление этого материала при 80⁰С? Удельное сопротивление чистой меди при 300 К равно 0,0168 мкОм·м, $\text{TK}_{\rho_{Cu}} = 4,3\cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$.

2.32 У меди, легированной 0,89 ат.% олова при температуре 20⁰С удельное электрическое сопротивление равно 0,042 мкОм·м. Во сколько раз

изменится удельное сопротивление этого материала при изменении температуры от минус 50°C до плюс 59°C ? Удельное сопротивление чистой меди при 20°C равно $0,0168 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_{\rho_{\text{Cu}}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

2.33 При температуре 20°C удельное электрическое сопротивление меди, легированной $1,01 \text{ ат.}\%$ мышьяка, равно $0,084 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$. Чему будет равно удельное электрическое сопротивление сплава при температуре 70°C , если содержание мышьяка в сплаве уменьшить до $0,32 \text{ ат.}\%$? Удельное сопротивление чистой меди при 20°C равно $0,0168 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$, $\text{TK}_{\rho_{\text{Cu}}} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

2.34 Электрическое сопротивление проводника (диаметр $0,6 \text{ мм}$, длина 15 м), изготовленного из сплава меди с $0,4 \text{ ат.}\%$ сурьмы, равно 2 Ом при 20°C . Чему будет равно электрическое сопротивление проводника, если содержание сурьмы в сплаве уменьшить до $0,08 \text{ ат.}\%$?

Физические параметры материалов при температуре 20°C

Металл	Плотность, Мг/м ³	Температурный коэффициент линейного расширения 10 ⁻⁶ , К ⁻¹	Удельное сопротивление, мкОм·м	Температурный коэффициент удельного сопротивления 10 ⁻³ , К ⁻¹	Работа выхода, эВ	Абсолютная удельная термо-ЭДС, мкВ·К ⁻¹
Алюминий	2,7	21,0	0,027	4,1	4,25	-1,3
Вольфрам	19,3	4,4	0,055	5,0	4,54	+2,0
Железо	7,87	10,7	0,097	6,3	4,31	+16,6
Золото	19,3	14,0	0,023	3,9	4,30	+1,5
Кобальт	8,85	13,5	0,064	6,0	4,41	-20,1
Медь	8,92	16,6	0,017	4,3	4,40	+1,8
Молибден	10,2	5,3	0,050	4,3	4,30	+6,3
Никель	8,96	13,2	0,068	6,7	4,50	-19,3
Олово	7,29	23,0	0,113	4,5	4,38	-1,1
Платина	21,45	9,5	0,098	3,9	5,32	-5,1
Свинец	11,34	28,3	0,190	4,2	4,00	-1,2
Серебро	10,49	18,6	0,015	4,1	4,30	+1,5
Хром	7,19	6,2	0,130	2,4	4,58	+18,0
Цинк	7,14	30,0	0,059	4,1	4,25	+1,5
Графит			8,0	-1,0		
Константан		10,0		-0,015		
Нихром		15,0	1,0	0,15		

3 Диэлектрические материалы

3.1 У плоского конденсатора (толщина диэлектрика 0,5 мм, площадь электродов 20 см²) при напряжении 750 В поляризованность диэлектрика $P = 8,8 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Чему равна диэлектрическая проницаемость? Чему равен заряд конденсатора при этом напряжении?

3.2 Расстояние между электродами плоского вакуумного конденсатора равно 4 мм. Если пространство между электродами заполнить диэлектриком, у которого при напряженности электрического поля $E = 10^5$ В/м поляризованность равна $P = 3,1 \cdot 10^{-6}$ Кл/м², то во сколько раз увеличится емкость конденсатора?

3.3 В диэлектрике присутствуют только упругие процессы поляризации. На частоте 100 кГц при напряжении 150 В у диэлектрика диэлектрическая проницаемость равна 2,5. Чему равна диэлектрическая проницаемость в тех же условиях на частоте 50 кГц при напряжении 50 В? Толщина диэлектрика 2 мм.

3.4 В колебательном контуре использован полистирольный пленочный конденсатор. Рабочая температура 20 °С. Резонансная частота 1МГц. Определить на сколько кГц уменьшится резонансная частота при понижении температуры до минус 20 °С только за счет температурной зависимости диэлектрической проницаемости полистирола ($\epsilon_{20} = 2,5$, $\epsilon_{-20} = 2,6$)? На сколько Гц изменится резонансная частота у контура с воздушным конденсатором в тех же условиях? Для воздуха $TK\epsilon = 2,15 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹, диэлектрическая проницаемость воздуха при 20 °С равна 1,00058.

3.5 При температуре 20 °С у колебательного контура резонансная частота $f_1 = 40$ кГц. Емкость контура 2,5 мкФ, среднее значение температурного коэффициента емкости равно $3 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹, а температурный коэффициент индуктивности равен нулю. Во сколько раз резонансная частота f_1 при 20 °С больше, чем резонансная частота f_2 при температуре 90 °С?

3.6 В колебательном контуре при температуре 20 °С емкость равна 2,5 мкФ, индуктивность 10^{-3} Гн. У керамического диэлектрика конденсатора среднее значение температурного коэффициента диэлектрической проницаемости $TK\epsilon = -2 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹, температурный коэффициент линейного расширения $TKl = 7 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Толщина диэлектрика 1 мм. Электроды серебряные вожженные. Если температурный коэффициент индуктивности равен нулю, то чему равно отношение резонансной частоты при 20 °С к резонансной частоте при 105 °С?

3.7 Смесь состоит из тиконда Т-20 ($\epsilon = 20$, $TK\epsilon = -0,5 \cdot 10^{-4}$ К⁻¹) и ультрафарфора ($\epsilon = 8$, $TK\epsilon = 1,5 \cdot 10^{-4}$ К⁻¹). При какой объемной концентрации тиконда Т-20 у смеси температурный коэффициент диэлектрической проницаемости $TK\epsilon = 0$?

3.8 Смесь состоит из тиконда Т-20 ($\epsilon = 20$, $TK\epsilon = -0,5 \cdot 10^{-4}$ К⁻¹) и ультрафарфора ($\epsilon = 8$, $TK\epsilon = 1,5 \cdot 10^{-4}$ К⁻¹). Чему равна диэлектрическая

проницаемость смеси при температурном коэффициенте диэлектрической проницаемости смеси $\text{TK}\epsilon = 0,86 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$?

3.9 Чтобы изготовить пластмассу с диэлектрической проницаемостью 7,5 из связующего (полистирол, $\epsilon = 2,5$) и наполнителя (термоконт Т-150, $\epsilon = 150$), необходимо сделать смесь, содержащую ...% полистирола.

3.10 Диэлектрик конденсатора представляет собой тесную смесь двух керамических материалов: триконда Т-80 на основе двуокиси титана (рутила) и ультрафарфора. При каком соотношении составных частей температурный коэффициент диэлектрической проницаемости смеси равен нулю? Чему равна диэлектрическая проницаемость такой смеси? Примите для материала Т-80 значения $\epsilon = 80$, $\text{TK}\epsilon = -7 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$; для ультрафарфора $\epsilon = 8$ и $\text{TK}\epsilon = 1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

3.11 Какое следует взять соотношение по объему компонентов пластмассы, связующим которой является полистирол, а наполнителем тиконд Т-20 на основе титаната циркония, чтобы диэлектрическая проницаемость этой пластмассы была равна 8, а $\text{TK}\epsilon = 0$. Диэлектрическая проницаемость Т-20 равна 20, а полистирола 2,5.

3.12 Плоский конденсатор имеет двухслойную изоляцию: полистирол ($\epsilon = 2,5$, $\text{TK}\epsilon = -1,51 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, толщина 20 мкм) и лавсан ($\epsilon = 3,4$, $\text{TK}\epsilon = 4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, толщина 15 мкм). Определите температурный коэффициент диэлектрической проницаемости изолятора конденсатора. Ответ округлите до двух значащих цифр.

3.13 У сплошного полиэтилена диэлектрическая проницаемость равна 2,3; а его плотность 930 кг/м^3 . Плотность пенополиэтилена равна 420 кг/м^3 . Чему равна его диэлектрическая проницаемость?

3.14 Определить ток в плоском воздушном конденсаторе (площадь электродов равна 12 см^2 , расстояние между электродами 2 см) при напряжении 750 В и давлении воздуха 760 мм рт. ст. Мощность внешнего ионизатора примите равной $60 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

3.15 В однородном поле в воздухе при напряженности электрического поля $E = 1,6 \cdot 10^3 \text{ В/м}$ и расстоянии между электродами 2 мм плотность тока равна $1,6 \cdot 10^{-15} \text{ А/м}^2$. Во сколько раз возрастет плотность тока, если, не изменяя напряжение на электродах, увеличить расстояние между ними в 2,2 раза? Чему равна мощность внешнего ионизатора ?

3.16 У плоского воздушного конденсатора при расстоянии между электродами $h = 0,01 \text{ м}$ и напряженности электрического поля $E = 10^4 \text{ В/м}$ плотность тока $j = 6 \cdot 10^{-15} \text{ А/м}^2$. Если расстояние h уменьшить в 2 раза, а напряженность поля увеличить в 3 раза, то чему будет равна плотность тока?

3.17 Цилиндрический стержень диаметром $D = 10 \text{ мм}$ и длиной $l = 30 \text{ мм}$ из эбонита с удельным сопротивлением $10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и удельным поверхностным сопротивлением $5 \cdot 10^{15} \text{ Ом}$ зажат между двумя металлическими электродами, между которыми поддерживается напряжение 1 кВ постоянного тока. Определите ток через стержень и потери мощности в нем.

3.18 Цилиндрический стержень диаметром $D = 20$ мм и длиной $l = 50$ мм из фенопласта с удельным сопротивлением 10^{11} Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением $5 \cdot 10^{12}$ Ом зажат между двумя металлическими электродами, между которыми поддерживается напряжение 100 В постоянного тока. Определите ток через стержень и потери мощности в нем.

3.19 Цилиндрический стержень диаметром $D = 5$ мм и длиной $l = 15$ мм из фторопласта-4 с удельным сопротивлением 10^{15} Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением 10^{16} Ом зажат между двумя металлическими электродами, между которыми поддерживается напряжение 500 В постоянного тока. Определите ток через стержень и потери мощности в нем.

3.20 На две противоположные грани кубика из полистирола с ребром 15 мм нанесены слои металла, служащие электродами, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите величину установившегося через кубик тока и потери мощности в нем при постоянном напряжении 5 кВ. Удельное объемное сопротивление полистирола равно 10^{14} Ом·м, а удельное поверхностное сопротивление 10^{16} Ом.

3.21 На две противоположные грани кубика из фторопласта-3 с ребром 10 мм нанесены слои металла, служащие электродами, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите величину установившегося через кубик тока и потери мощности в нем при постоянном напряжении 2 кВ. Удельное объемное сопротивление полистирола равно 10^{15} Ом·м, а удельное поверхностное сопротивление 10^{16} Ом.

3.22 На цилиндрическом образце диэлектрика диаметром 10 мм и длиной $15,7$ мм на всю поверхность торцов нанесены металлические электроды, к которым приложено напряжение 1000 В. Удельное поверхностное сопротивление диэлектрика $5 \cdot 10^{12}$ Ом. Определить ток утечки по поверхности.

3.23 На всю поверхность торцов цилиндрического образца диэлектрика нанесены металлические электроды. Диаметр образца 6 см, длина 9 см. удельное объемное сопротивление диэлектрика $1,55 \cdot 10^{14}$ Ом·м, удельное поверхностное сопротивление диэлектрика $3,1 \cdot 10^{14}$ Ом. Определить суммарный ток утечки при напряжении 450 В.

3.24 Определить удельное объемное сопротивление полиэтилена, используемого в качестве диэлектрика в плоском конденсаторе, и потери мощности в нем, если известно, что ток через конденсатор при постоянном напряжении 1 кВ равен 10^{-11} А. Толщина диэлектрика 2 мм, площадь обкладок (с каждой стороны) 40 см². Поверхностной утечкой пренебрегите.

3.25 У конденсатора емкость $C = 0,18$ мкФ, постоянная времени саморазрядки равна 72 мин. Чему равно сопротивление изоляции конденсатора?

3.26 Постоянная времени саморазрядки слюдяного конденсатора равна 177 мин. Диэлектрическая проницаемость слюды $\epsilon = 6$. Чему равно удельное объемное сопротивление слюды?

3.27 У керамического цилиндрического конденсатора емкостью $C = 10^4$ пФ, сопротивление изоляции $R = 1,25 \cdot 10^{10}$ Ом. Диэлектрическая проницаемость керамики $\epsilon = 141$. Геометрические размеры неизвестны. Поверхностные утечки пренебрежительно малы. Чему равно удельное объемное сопротивление керамики?

3.28 Полиэтиленовый пленочный конденсатор был заряжен при напряжении 1 кВ, а затем отключен от источника напряжения и оставлен с разомкнутыми электродами. Через 6 мин после отключения разность потенциалов между электродами конденсатора была равна 120 В. Диэлектрическая проницаемость полиэтилена $\epsilon = 2,3$. Чему равно его удельное объемное сопротивление?

3.29 После отключения внешнего источника напряжение на обкладках конденсатора за 10 минут уменьшается на 90%. Определить удельное сопротивление диэлектрика, если диэлектрическая проницаемость равна 4.

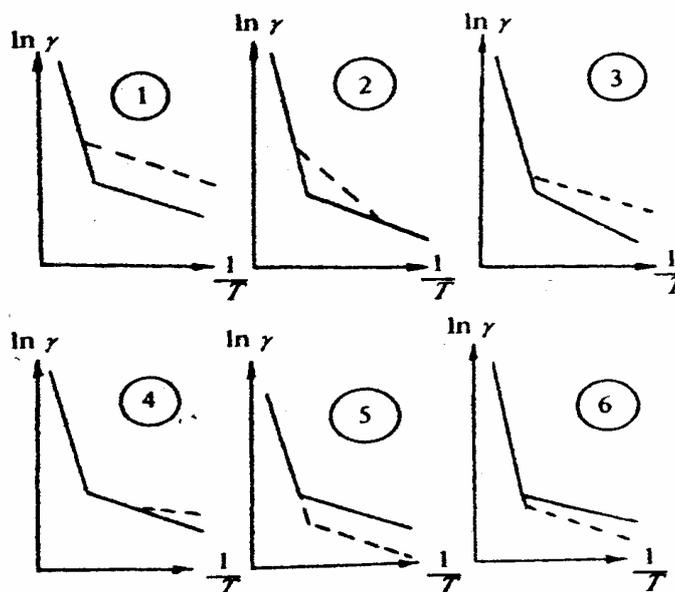


Рис.3.1

3.30 Сплошными линиями на рис 3.1 представлены в полулогарифмической системе координат графики температурной зависимости электрической проводимости ионного кристаллического диэлектрика, у которого концентрация примеси равна n_1 , а энергия активации примесных ионов W_1 . Варианты изменения этого графика при изменении концентрации и энергии активации примесных ионов показаны пунктирными линиями.

Если, не изменяя состав примеси, уменьшить ее концентрацию, то верен будет вариант....

Если заменить ионы примеси такими ионами, у которых энергия активации $W < W_1$, а концентрация $n > n_1$ то верен будет вариант.....

Если заменить ионы примеси такими ионами, у которых $W > W_I$, а концентрация $n < n_I$, то верен будет вариант....

В ответе укажите последовательно номера этих трех вариантов.

3.31 Используя условия предыдущей задачи, составьте ответ на следующие вопросы:

Если дополнительно к имеющейся в диэлектрике примеси ввести небольшое количество примеси, у которой $W > W_I$, то верен будет вариант

Если, не вводя другие примеси, увеличить концентрацию примесных ионов, имеющих энергию активации W_I , то верен будет вариант.....

Если дополнительно к имеющейся примеси (концентрация n_I , энергия активации W_I) ввести примесь, у которой энергия активации ионов $W < W_I$, а концентрация $n < n_I$ то верен будет вариант....

3.32 Электрическая проводимость кристалла при 20 °С равна $3,2 \cdot 10^{-14} \text{ Ом}^{-1}$, а при 80 °С она равна $2,1 \cdot 10^{-12} \text{ Ом}^{-1}$. Чему равна электрическая проводимость при 50 °С? Ответ округлите до двух значащих цифр.

3.33 У твердого диэлектрика на частоте $3 \cdot 10^4 \text{ Гц}$
 $\text{tg} \delta \text{ (}^\circ\text{C)} = 3,7 \cdot 10^{-3} \exp[0,028 (T-20)]$, $\varepsilon \text{ (}^\circ\text{C)} = 120[1+2,9 \cdot 10^{-4} (T-20)]$.
Изделие - плоский конденсатор. Пробой тепловой. Окружающая среда - воздух. Во сколько раз пробивное напряжение при 75 °С при прочих равных условиях больше, чем при 110 °С?

3.34 В однородном поле при температуре 15 °С на частоте 1 кГц электрический пробой пленки полиэтилена ($\varepsilon=2,3$; $\rho=10^{15} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) толщиной 0,01 мм происходит при напряжении 420 В. При таком же напряжении пробивается и пленка полипропилена ($\varepsilon=2$; $\rho=10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) толщиной 0,01 мм. Если эти пленки сложить, то при каком напряжении пробьется двухслойная изоляция толщиной 0,02 мм?

3.35 Двухслойная изоляция состоит из пленки полиэтилена ($\varepsilon=2,3$; $\rho=10^{15} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) толщиной 0,01 мм и пленки полипропилена ($\varepsilon=2$; $\rho=10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) толщиной 0,01 мм. Электрическая прочность каждой пленки равна 60 МВ/м. При каком постоянном напряжении пробьется эта двухслойная изоляция?

3.36 Плоские электроды плотно прижаты к поверхностям листового изоляционного материала «миканит», состоящего из десяти слоев слюды ($\varepsilon=8$; $\rho=10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $E_{\text{пр}}=75 \text{ МВ/м}$) толщиной по 25 мкм каждый и девяти слоев лака ($\varepsilon=4$; $\rho=10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $E_{\text{пр}}=50 \text{ МВ/м}$) толщиной по 5 мкм каждый, являющихся диэлектрической связкой. При переменном напряжении 50 Гц в слоях лака произойдет пробой, если напряжение на электродах достигнет величины ...кВ.

3.37 Плоские электроды плотно прижаты к поверхностям листового изоляционного материала «миканит», состоящего из десяти слоев слюды ($\varepsilon=8$; $\rho=10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $E_{\text{пр}}=75 \text{ МВ/м}$) толщиной по 25 мкм каждый и девяти слоев лака ($\varepsilon=4$; $\rho=10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $E_{\text{пр}}=50 \text{ МВ/м}$) толщиной по 5 мкм каждый,

являющихся диэлектрической связкой. «Миканит» пробьется, если постоянное напряжение на электродах достигнет величины ...кВ.

3.38 При температуре 80 °С на частоте $2 \cdot 10^6$ Гц рабочее напряжение изделия равно 40 В, а напряжение теплового пробоя 140 В. Чтобы при 90°С и прочих равных условиях изделие имело такой же коэффициент запаса прочности, как при 80°С, рабочее напряжение должно быть не более ...В. Свойства диэлектрика: при 20°С диэлектрическая проницаемость $\epsilon=80$, а тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta=3,8 \cdot 10^{-3}$, при 100°С а тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta=6,25 \cdot 10^{-2}$. Среднее значение температурного коэффициента диэлектрической проницаемости $\text{TK}\epsilon=3 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

3.39 В изделии использован диэлектрик со следующими свойствами на частоте 1МГц: $\epsilon(\text{T}^\circ\text{C}) = 6,75[1 - 7,4 \cdot 10^{-4}(\text{T}-20)]$,

$\text{tg}\delta(\text{T}^\circ\text{C}) = 12,4 \cdot 10^{-4} \exp[9,2 \cdot 10^{-4}(\text{T}-20)]$. При температуре 50°С рабочее напряжение изделия равно 2 кВ, а коэффициент запаса электрической прочности равен 5. Пробой тепловой. При температуре 95°С, рабочем напряжении 2кВ и прочих равных условиях коэффициент запаса электрической прочности равен

3.40 У твердого диэлектрика удельная электрическая проводимость изменяется с температурой по закону:

$\gamma(\text{T}^\circ\text{C}) = 3 \cdot 10^{-11} \exp[0,04(\text{T}-20)] \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, а диэлектрическая проницаемость - по закону $\epsilon(\text{T}^\circ\text{C}) = 30[1 + 1,5 \cdot 10^{-4}(\text{T}-20)]$. Потери энергии при постоянном и переменном напряжении обусловлены только электропроводностью. На частоте 50 Гц при рабочем напряжении 7,2 кВ предельно допустимая из условий теплового пробоя рабочая температура равна 70°С. На частоте 8 кГц при том же рабочем напряжении и прочих равных условиях величина предельно допустимой рабочей температуры равна ...

3.41 Потери энергии в диэлектрике при постоянном и переменном напряжении возникают только за счет электропроводности. Удельная электрическая проводимость диэлектрика

$\gamma(\text{T}^\circ\text{C}) = 4,6 \cdot 10^{-10} \exp[0,058(\text{T}-20)] \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры пренебрежительно мала. На промышленной частоте при температуре окружающей среды 75°С пробивное напряжение плоского конденсатора равно 7,2 кВ. При 95°С и частоте 5 кГц конденсатор пробьется при ...кВ. Пробой тепловой.

3.42 При 80°С пробивное напряжение изделия 5,2 кВ, коэффициент запаса электрической прочности 2,4. Удельная электрическая проводимость диэлектрика при 80°С равна $8 \cdot 10^{-11} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, а при 120°С она равна $3,26 \cdot 10^{-11} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$. Чтобы при 100°С изделие имело бы такое же пробивное напряжение, как при 80°С, нужно увеличить толщину изоляции приблизительно в ... раза. Напряжение постоянное. Пробой тепловой.

3.43 При 70°С пробивное напряжение изделия 5,4 кВ. Если потребуется такое же изделие, имеющее при 110°С такое же пробивное напряжение, то

толщину диэлектрика при прочих равных условиях нужно будет увеличить приблизительно в ... раз. Свойства диэлектрика на частоте $3 \cdot 10^4$ Гц:
 $\text{tg}\delta(T^\circ\text{C}) = 3,7 \cdot 10^{-3} \exp[0,028(T-20)]$, $\epsilon(T^\circ\text{C}) = 120[1 + 2,9 \cdot 10^{-4}(T-20)]$. Пробой тепловой.

4 Магнитные материалы

4.1 У никель – цинкового феррита марки 150ВН при комнатной температуре и напряженности магнитного поля 4,1 А/м на частоте 0,1МГц магнитная проницаемость равна 160. Чему равна магнитная индукция? В тех же условиях определить индукцию у меди, цинка, серебра, золота.

$$\mu_0 = 1,25666 \cdot 10^{-6}$$

4.2 Если цилиндрический образец (диаметр 13 мм, длина 45 мм) алюминия расположить в участке неоднородного магнитного поля (напряженность магнитного поля H изменяется с частотой 2,5 кГц), то при $T = 293$ К он будет втягиваться в область сильного поля или выталкиваться? А при $T = 0,8$ К он будет втягиваться или выталкиваться? Соответственно, такой же образец цинка при $T = 293$ К втягивается или выталкивается? А при $T = 0,8$ К он будет втягиваться или выталкиваться?

4.3 Если в катушку индуктивности без сердечника (осевая длина 40 мм) внести на половину ее длины медный сердечник (длина 52 мм), то сердечник будет втягиваться в катушку или выталкиваться из катушки магнитным полем, индуктивность катушки увеличится, уменьшится, не изменится, добротность катушки увеличится, уменьшится, не изменится? Сердечник из алюминия в тех же условиях будет втягиваться, выталкиваться, индуктивность увеличится, уменьшится, не изменится, добротность катушки увеличится, уменьшится, не изменится?

4.4 При напряженности 400 кА/м материал имеет магнитную индукцию 1 Тл. Определить намагниченность материала.

4.5 В интервале температур от 293 К до 4,2 К магнитная восприимчивость олова изменяется от $1,9 \cdot 10^{-4}$ до $1,7 \cdot 10^{-4}$ соответственно. В слабом однородном магнитном поле с напряженностью $H = 0,8$ А/м частотой 12 кГц относительная магнитная проницаемость при температуре $T = 3,0$ К равна ...

4.6 Цилиндрический образец (диаметр 12 мм, длина 36 мм) изготовлен из ниобия. В неоднородном магнитном поле частотой 25 кГц при температуре 293 К он будет втягиваться в область сильного поля или выталкиваться? А при 9 К он будет втягиваться или выталкиваться? В тех же условиях образец магния при температуре 293 К он будет втягиваться в область сильного поля или выталкиваться? А при 9 К он будет втягиваться или выталкиваться? Магнитная восприимчивость ниобия при 293 К

$k_m = 2,005 \cdot 10^{-2}$. Магнитная восприимчивость магния при 293 К $k_m = 8 \cdot 10^{-4}$, а при 9 К $k_m = 4,35 \cdot 10^{-4}$.

4.7 Цилиндрический образец (диаметр 12 мм, длина 36 мм) изготовлен из ниобия. Магнитная восприимчивость ниобия при 20°C равна $2,005 \cdot 10^{-2}$. Образец помещен во внешнее однородное слабое магнитное поле (напряженность поля $H = 4$ А/м, частота 15 кГц). Ось образца совпадает с вектором напряженности магнитного поля. Определить намагниченность внутри объема цилиндра при 293К и 9К.

5 Методические указания по самостоятельной

На самостоятельное изучение выносятся раздел «Производство неразъемных соединений (пайка, сварка, склеивание)»

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или при совместном действии того и другого. Сварке подвергаются многие стали, цветные металлы и сплавы. Свариваемость стали – одно из главнейших свойств этого металла. Сваривают обычно низкоуглеродистые стали. Конструкционные высокопрочные углеродистые стали сварке не подвергают. При сварке должно быть получено равнопрочное соединение, т.е. такое изделие, у которого прочностные характеристики места сварки и основного свариваемого металла одинаковые. Классификация сварки может быть произведена по различным признакам. По технологическому признаку, т.е. по состоянию металла в сварочной зоне в момент сварки различают: сварку плавлением и сварку давлением. Для сварочного нагрева используют превращения различных видов энергии – химической, электрической, механической в тепловую. По виду энергии существующие способы сварки разделяются на группы: механическую – холодная сварка, сварка трением; химическую – газовая сварка; электрическую – дуговая, электронная; электромеханическую: точечная, линейная сварка; химико-механическую: кузнечная, газопрессовая сварка. Студентам необходимо прочитать про способы сварки и написать реферат по одной из тем, предложенных ниже.

Пайка – процесс получения неразъемного соединения материалов с нагревом ниже температуры их автономного расплавления путем смачивания, растекания и заполнения зазора между ними расплавленным припоем и сцепления их при кристаллизации шва. Отнесение пайки к неразборным соединениям условное. В некоторых случаях при использовании припоев, имеющих низкую температуру плавления (около 100°С), возможна разборка паяного узла (распайка) без порчи деталей, составляющих узел. Соединение пайкой заключается в следующем: припой по достижении определенной температуры плавится и растекается по нагретым и свободным от загрязнений и окисной пленки поверхностям, смачивая их с частичным растворением и диффузией, а после затвердевания, обеспечивает неподвижное соединение. Пайка требует очистки поверхностей деталей и сохранения их чистыми до затвердевания припоя; припоя, способного смачивать металл деталей, из которого они изготовлены; обеспечения зазора между деталями, гарантирующего растекание припоя; источника нагрева

деталей, обеспечивающего их равномерное нагревание до нужной температуры; соответствующего флюса. Эти условия взаимосвязаны. Поверхности деталей могут быть покрыты пленками двух видов: жировыми и окисными. Жировые пленки удаляют промывкой деталей в органических растворителях (керосине, бензине, ацетоне, спирте и т.п.). Окисные пленки удаляются механическими, химическими и физико-химическими способами (травлением, ультразвуком и др.). При изучении этой темы необходимо обратить внимание на технологию проведения процесса пайки, зачем нужны припой, флюсы, вопросы техники безопасности.

Темы рефератов

1. Газовая сварка.
2. Электрическая дуговая сварка.
3. Электронно-лучевая сварка.
4. Холодная сварка пластичных металлов.
5. Электрическая контактная сварка.
6. Диффузионная сварка в вакууме.
7. Припой для пайки.
8. Флюсы паяльные.
9. Методы пайки (пайка паяльником, пайка пламенем, пайка электронагревом, индукционная пайка).
10. Методы пайки (пайка в жидких средах, пайка в вакуумных печах и печах с восстановительной средой).

При изучении этого раздела можно воспользоваться следующей литературой:

1. Колесов С.Н., Колесова И.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов – М.: Высшая школа, 2004.
2. Бородулин В.Н. и др. Конструкционные и электротехнические материалы - М.: Высшая школа, 1990.
3. Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение - М.: Высшая школа, 1990.
4. Савровский Д.С., Головня В.Г. Конструкционные материалы и их обработка.- М.: Высшая школа»

Список литературы

1. Зубов В.Г., Шальнов В.П. Задачи по физике. – М.: «Наука», 1967. – 272 с.
2. Антипов Б.Л. и др. Материалы электронной техники: задачи и вопросы. - М.: Высшая школа, 1990.-208с.
3. Трубицын А.М. Электрорадиоматериалы. Диэлектрики. Учебное пособие.- Томск: изд-во ТАСУР. 1995,-76с.
4. Трубицын А.М. Нефедцев Е.В. Электрорадиоматериалы. Магнитные материалы. Учебное пособие. – Томск: изд-во ТАСУР. 1997, - 40 с.