

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

к практическим работам по изучению дисциплины «Электроника»
по направлению «Радиотехника».

Составлено согласно документированной процедуре системы менеджмента качества

ВлГУ по самостоятельной работе студентов СМК-ДП-7.5-10-2012, версия 1.0.,

«Регламента подготовки материалов УМКД в соответствии с ФГОС ВО»

и «Положения о самостоятельной работе обучающихся по основным профессиональным образовательным программам (ОПОП) высшего образования.»

Методические рекомендации представляют собой комплекс заданий, позволяющих студенту выполнять практические работы при изучении данной дисциплины.

Задачами практических рекомендаций являются:

- активизация навыков практической работы;
- управление познавательной деятельностью студента;
- развитие навыков работы с литературой.

При выполнении студент должен руководствоваться:

- учебным планом дисциплины;
- методическими рекомендациями по выполнению практических работ;
- списком рекомендованной литературы;
- указаниями и рекомендациями преподавателя.

Приемами контроля самостоятельной работы студентов являются:

- устный контроль;
- письменный контроль;

В рамках осуществления работ студентом может проводиться:

- решение задач
- подготовка к письменным контрольным работам, рубежным и итоговым испытаниям;
- самостоятельный поиск информации в Интернете.

Общая схема практических занятий студента соответствует учебному плану дисциплины «Электроника».

Задания и примеры их выполнения

1. Определить температурный коэффициент линейного расширения и удлинение нихромовой проволоки, если известно, что при повышении температуры от 20 до 1000°C электрическое сопротивление проволоки изменяется от 50 до 56,6 Ом. Длина проволоки в холодном состоянии $l=50$ м. Температурный коэффициент удельного сопротивления нихрома принять равным $15 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Коэффициенты связаны следующим соотношением:

$$\alpha_p = \alpha_R + \alpha_l,$$

где α_R – температурный коэффициент сопротивления проводника; α_p – коэффициент удельного сопротивления материала; α_l – коэффициент линейного расширения.

Решение: Температурный коэффициент расширения проволоки:

$$\alpha_R = \frac{R_2 - R_1}{R_1(T_2 - T_1)} = \frac{56,6 - 50}{50(1000 - 20)} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}.$$

Тогда:

$$\alpha_l = \alpha_p - \alpha_R = (15 - 13,5) \cdot 10^{-5} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}.$$

Отсюда:

$$\Delta l = l \alpha_l \Delta T = 50 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 980 = 0,735 \text{ м}$$

2. При нагревании провода из манганина длиной 1,5 м и диаметром 0,1 мм от 20 до 100°C его сопротивление уменьшилось на 0,07 Ом, а длина увеличилась на 0,16%. Определить температурный коэффициент удельного сопротивления. При расчетах принять, что при комнатной температуре для манганина удельное сопротивление $\rho=0,47 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$.

Ответ: $\alpha_p = 10,26 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

3. Определить напряженность электрического поля, возникающего в зазоре между пластинами плоского конденсатора, одна из которых изготовлена из алюминия, а другая из платины. Пластины соединены между собой медным проводом, а длина зазора $l=5$ мм. Работа выхода электронов из алюминия, меди и платины составляет, соответственно, 4,25, 4,4 и 5,32 эВ. Как изменится напряженность поля, если алюминиевую и медную пластины замкнуть проводом из платины при той же длине зазора?

Решение: Разность потенциалов на концах последовательной разнородной цепи определяется различием в работах выхода электронов из крайних проводников и не зависит от числа и состава промежуточных звеньев. Поэтому в первом случае имеем:

$$E_1 = \frac{A_{Al} - A_{Pt}}{el} = \frac{4,25 - 5,32}{5 \cdot 10^{-3}} = -214 \frac{B}{м}.$$

Во втором:

$$E_2 = \frac{A_{Al} - A_{Cu}}{el} = \frac{4,25 - 4,4}{5 \cdot 10^{-3}} = -30 \frac{B}{м}.$$

*4. Почему разность потенциалов, возникающую при контакте двух металлов нельзя измерить с помощью вольтметра?

5. Из никелевой ленты шириной 1 см и толщиной 1 мм необходимо изготовить шунт сопротивлением 0,4 Ом. Какой длины должна быть никелевая лента, если удельное сопротивление никеля $0,068 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$?

Ответ: 58,8 м.

6. В цепь включены последовательно медная и никелевая проволоки равной длины и диаметра. Найти отношение количеств теплоты, выделяющейся в этих проводниках, и отношение падений напряжений на проводах. Удельное сопротивление меди и никеля равно, соответственно $0,017$ и $1 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$.

Ответ: 0,017.

7. Сопротивление провода из константана при 20°C равно 500 Ом. Определить сопротивление этого провода при 450°C, если при 20°C температурный коэффициент удельного сопротивления константана $\alpha_p = -15 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а температурный коэффициент линейного расширения составляет 10^{-5} K^{-1} ?

Ответ: $R=495 \text{ Ом}$.

8. От генератора ЭДС, равной 250В, с внутренним сопротивлением 0,1 Ом необходимо протянуть к потребителю двухпроводную линию длиной 100м. Какая масса алюминия пойдет на изготовление подводящих проводов, если максимальная потребляемая мощность 22 кВт при напряжении 220 В?

Ответ: $m=14,6 \text{ кг}$.

9. Под каким постоянным напряжением следует передавать электрическую энергию на расстояние $l=5 \text{ км}$, чтобы при плотности тока $j=2,5 \cdot 10^5 \text{ А/м}^2$ в медных проводах двухпроводной линии передачи потери энергии в линии не превышали $n=1\%$?

Ответ: $U \geq 2 \rho l j / n = 4250 \text{ В}$.

10. От генератора напряжением 20 кВ требуется передать потребителю мощность 1000 кВт на расстояние 2,5 км. Определить минимальное сечение медных проводов, если потери мощности на линии не должны превышать 2%?

Ответ: $S_{\min}=11 \text{ мм}^2$.

11. Определить длину нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм, используемой для изготовления нагревательного устройства с сопротивлением 20 Ом при температуре 1000°C, полагая, что при 20°C параметры нихрома: $\rho=1,0 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$; $\alpha_p=1,5 \cdot 10^{-4}$; K^{-1} ; $\alpha_l=1,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$?

Ответ: $l=3,47 \text{ м}$.

12. Стержень из графита соединен последовательно с медным стержнем того же сечения. Определить, при каком отношении длин стержней сопротивление этой композиции не зависит от температуры. Удельные сопротивления меди и графита равны соответственно 0,017 и 8,0 мкОм·м, а значения α_p для этих материалов составляют $4,3 \cdot 10^{-3}$ и -10^{-3} K^{-1} .

Ответ: $\frac{l_{\text{Cu}}}{l_{\text{C}}} = \frac{\alpha_{\text{C}} \rho_{\text{C}}}{\alpha_{\text{Cu}} \rho_{\text{Cu}}} = 109,4$.

13. К графитовому стержню длиной 0,2 м приложено напряжение 6В. Определить плотность тока в стержне в первый момент после подачи напряжения, если удельное сопротивление графита равно $4 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Как и почему меняется плотность тока в стержне со временем?

Ответ: $j=7,5 \text{ А/м}^2$.

14. Катушка из медной проволоки имеет сопротивление 10,8 Ом. Масса медной проволоки 0,3 кг. Определить длину и диаметр намотанной на катушку проволоки.

Ответ: $l=146 \text{ м}$; $d=0,54 \text{ мм}$.

*15. Миниатюрный резистор сопротивлением $R=120 \text{ Ом} \pm 10\%$, имеющий номинальную мощность рассеяния $P_{\text{ном}}=0,05 \text{ Вт}$, используется на частоте 50 Гц. Температурный коэффициент сопротивления резистора $\alpha_R=2 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$. Известно, что из-за малых габаритов резистора при постоянном предельном напряжении $U_{\text{пр}}=100 \text{ В}$ происходит поверхностный пробой между выводами. Определить, какое максимальное напряжение может быть приложено к этому резистору при температурах: а) 20°C ; б) 100°C .

Решение:

Максимальное напряжение, которое может быть подано на резистор, не должно превышать значения, рассчитанного, исходя из номинальной мощности рассеяния и сопротивления (с учётом допуска $\Delta R=\pm 0,1R$ и температурных изменений) по формуле $U_{\text{max}}=\sqrt{P_{\text{ном}}(R_T - \Delta R)}$. В то же время это напряжение не должно быть больше предельного напряжения $U_{\text{пр}}$, вызывающего поверхностный пробой.

а) При $T=20^\circ\text{C}$

$$U_{\text{max}}=\sqrt{0,05(120 - 120 \cdot 0,1)}=2,32 < U_{\text{пр}};$$

б) сопротивление резистора при $T=100^\circ\text{C}$:

$$R_T=R[1+\alpha_R(T-20)]=120[1-2 \cdot 10^{-3}(100-20)]=100,8 \text{ Ом}.$$

$$\text{Тогда } U_{\text{max}}=\sqrt{0,05(100,8 - 100,8 \cdot 0,1)}=2,13 \text{ В} < U_{\text{пр}}.$$

16. Рассчитать число атомов в единице объёма кристалла кремния при температуре 300К, если период кристаллической решётки $a=0,54307 \text{ нм}$.

Ответ: $N=5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

16. Вычислить отношение полного тока через полупроводник к току, обусловленному дырочной составляющей: а) в собственном германии; б) в германии p –

типа с удельным сопротивлением $0,05 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Принять собственную концентрацию носителей заряда при комнатной температуре

$n_i=2,1\cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$, подвижность электронов $\mu_n=0,39 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, подвижность дырок $\mu_p=0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

Решение:

На основе закона Ома получаем выражение для отношения полного тока к его дырочной составляющей:

$$\beta = \frac{I}{I_p} = \frac{e(n\mu_n + p\mu_p)}{ep\mu_p} = 1 + \frac{n\mu_n}{p\mu_p},$$

где n и p – концентрации электронов и дырок соответственно.

В собственном полупроводнике $n_i=p_i$ и, следовательно,

$$\beta=1+\mu_n/\mu_p=1+0,39/0,19=3,05.$$

В полупроводнике p - типа с удельным сопротивлением, много меньшим собственного, вкладом электронов в электропроводность в первом приближении можно пренебречь. С учётом этого получаем концентрацию основных носителей заряда $p \approx (e\mu_p\rho)^{-1}=6,58\cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$ и концентрацию неосновных носителей заряда $n=n_i^2/p=6,7\cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$.

Зная концентрацию электронов, можно уточнить отношение полного тока к дырочной составляющей:

$$\beta=1+\frac{6,7\cdot 10^{17}\cdot 0,39}{6,58\cdot 10^{20}\cdot 0,19}=1,002.$$

17. К стержню из арсенида галлия длиной 50 мм приложено напряжение 50 В. За какое время электрон пройдёт через образец, если подвижность электронов $\mu_n=0,9 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

Ответ: $t=56 \text{ мкс}$.

18. При температуре $T=300 \text{ К}$ концентрация дырок в германии p -типа равна $2,1\cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$, а концентрация электронов в 100 раз меньше. Подвижность дырок и электронов взять такими же, как в задаче 3.2.6. На основании этих данных найти собственное удельное сопротивление германия.

Ответ: $\rho_i=0,51 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

19. Во сколько раз изменится барьерная ёмкость резкого p - n -перехода при увеличении обратного напряжения от 20 до 80 В?

Ответ: Уменьшится в два раза.

20. Если к резкому p - n - переходу приложить переменное напряжение амплитудой 0,5 В, то максимальная ёмкость перехода равна 2 пФ. Определить контактную разность потенциалов и минимальное значение ёмкости перехода, если при отсутствии внешнего напряжения она равна 1 пФ.

Ответ: $\phi_K=0,48$ В; $C_{\min}=0,75$ пФ.

21. Барьерная ёмкость резкого p - n -перехода равна 200 пФ при обратном напряжении 2 В. Какое требуется обратное напряжение, чтобы она уменьшилась до 50 пФ, если контактная разность потенциалов $\phi_K=0,82$ В?

Ответ: $U_{\text{обр}}=44,1$ В.

22. Вычислить барьерную ёмкость резкого p - n -перехода, полученного в стержне арсенида галлия площадью поперечного сечения $S=1$ мм². Ширина области объёмного заряда p - n -перехода равна $2 \cdot 10^{-4}$ см. Относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника 13,1.

Ответ: $C_{\text{бар}}=63,3$ пФ.

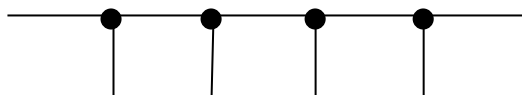
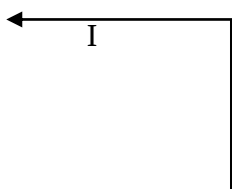
23. Барьерная ёмкость резкого p - n -перехода равна 25 пФ при обратном напряжении 5 В. Как она изменится при увеличении обратного напряжения $U_{\text{обр}}$ до 7 В?

Ответ: Уменьшится на 4 пФ.

24. Определить барьерную ёмкость и ширину p - n -перехода, сформированного в арсениде индия, при температуре $T=300$ К, если концентрация основных носителей заряда: $p_p=10^{16}$ см⁻³; $n_n=10^{15}$ см⁻³, относительная диэлектрическая проницаемость InAs $\epsilon=14,6$, площадь поперечного сечения p - n -перехода $S=0,01$ см². К p - n -переходу приложено обратное напряжение $U_{\text{обр}}=100$ В.

Ответ: $C_{\text{бар}}=98,4$ пФ; $\delta=130$ мкм.

25. Две противоположные грани куба с ребром $a=10$ мм из диэлектрического материала с удельным объёмным сопротивлением $\rho_v=10^{10}$ Ом*м и удельным поверхностным сопротивлением $\rho_s=10^{11}$ Ом покрыты металлическими электродами (рис А). Определить ток, протекающий через эти грани куба при постоянном напряжении $U_0=2$ кВ.



U_0

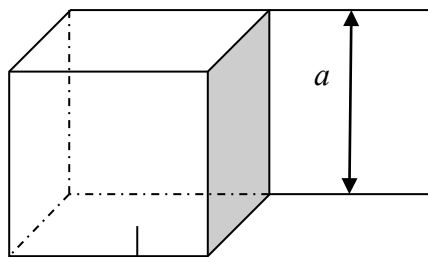


Рисунок А

Решение:

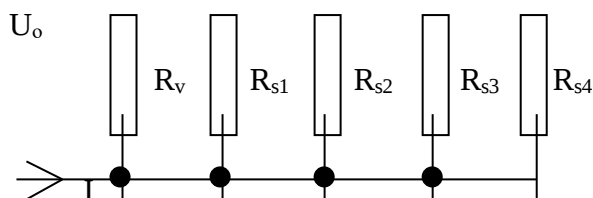


Рисунок Б

Электрический ток протекает как через объём куба, так и по поверхности четырёх боковых граней (рис А). Поэтому сопротивление между электродами определяется параллельным соединением объёмного сопротивления и поверхностных сопротивлений четырёх граней, как показано на эквивалентной схеме куба с электродами (рис Б). Тогда

$$R_v = \rho_v a / a^2 = \rho_v / a = 10^{10} / 10 \cdot 10^{-3} = 10^{12} \text{ Ом};$$

$$R_{s1} = R_{s2} = R_{s3} = R_{s4} = \rho_s a / a = \rho_s = 10^{11} \text{ Ом}.$$

$$R_{из} = R_v R_{s1} / (R_{s1} + 4R_v) = 10^{12} \cdot 10^{11} / (10^{11} + 4 \cdot 10^{12}) = 2,44 \cdot 10^{10} \text{ Ом}.$$

$$I = U_0 / R_{из} = 2 \cdot 10^3 / 2,44 \cdot 10^{10} = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ А}.$$

26. Сопротивление изоляции двухжильного кабеля длиной 2 м равно 300 Мом. Чему равно сопротивление изоляции такого же кабеля длиной 6 м?

Ответ: 100 Мом.

27. Цилиндрический стержень диаметром 10 мм и длиной 20 мм из диэлектрика с удельным объёмным сопротивлением $10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и удельным поверхностным сопротивлением 10^{14} Ом покрыт с торцов металлическими электродами. Чему равно сопротивление между электродами?

Ответ: $6,3 \cdot 10^{13} \text{ Ом}$.

28. Плёночный конденсатор из поликарбоната с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$ теряет за время 30 мин половину сообщённого ему заряда. Полагая, что утечка заряда происходит только через плёнку диэлектрика, определить его удельное сопротивление.

Ответ: $= 9,8 \cdot 10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

29. Диэлектрик в форме прямоугольного параллелепипеда длиной $l = 5 \text{ см}$ и площадью поперечного сечения $b \cdot h = 2 \cdot 0,5 \text{ см}^2$ с торцов покрыт металлическими электродами. При напряжении $U_0 = 1500 \text{ В}$ через диэлектрик проходит ток $I_0 = 10^{-9} \text{ А}$. Найти

удельное поверхностное сопротивление диэлектрика, если его удельное объёмное сопротивление $\rho_v = 10^{10}$ Ом*м.

$$\text{Ответ: } \rho_s = \frac{2(b+h)\rho_v U_0/I_0}{\rho_v l - bhU_0/I_0} = 2,14 \cdot 10^{12} \text{ Ом.}$$

30. На поверхности диэлектрика параллельно друг другу расположены два ножевых электрода. Расстояние между электродами

$b=2$ мм, их ширина $h=10$ мм. Чему равно удельное поверхностное сопротивление диэлектрика, если сопротивление между электродами 5 Мом?

Ответ: 25 Мом.

31. При изменении температуры от 60° до 127° C удельное сопротивление радиофарфора уменьшается от $\rho_1 = 10^{13}$ Ом*м до

$\rho_2 = 10^{11}$ Ом*м. Определить температурный коэффициент удельного сопротивления α_ρ радиофарфора, считая его постоянным в рассматриваемом диапазоне температур. При этом же допущении найти удельное сопротивление материала при комнатной температуре.

Решение:

Постоянство температурного коэффициента удельного сопротивления предполагает экспоненциальную зависимость $\rho(T)$: $\rho = A e^{\alpha_\rho T}$.

Отсюда следует, что

$$\alpha_\rho = \frac{1}{T_2 - T_1} \ln \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{127 - 60} \ln \frac{10^{11}}{10^{13}} = -0,0687 \text{ K}^{-1}$$

$$\rho_2 = \rho_1 / e^{\alpha_\rho \Delta T} = 10^{13} / e^{-0,0687(60-20)} = 1,56 \cdot 10^{14} \text{ Ом*см.}$$

32. При комнатной температуре тангенс угла диэлектрических потерь ультрафарфора $\text{tg} \delta_0 = 5 \cdot 10^{-4}$, а при повышении температуры до 100° C он возрастает в два раза. Чему равен $\text{tg} \delta_0$ этого материала при температуре 200° C ? Во сколько раз увеличится активная мощность, выделяющаяся в высокочастотном проходном изоляторе из этого материала, при изменении температуры от 20° до 200° C ? Изменением диэлектрической проницаемости керамики пренебречь.

Решение: Потери в ультрафарфоре обусловлены сквозной электропроводностью, поэтому тангенс угла диэлектрических потерь увеличивается с температурой по экспоненциальному закону:

$$\text{tg} \delta_T = \text{tg} \delta_0 \exp[\alpha(T - T_0)],$$

где $\text{tg}\delta_0$ – значение при $T_0=20\text{ }^\circ\text{C}$; – температурный коэффициент $\text{tg}\delta$, который может быть найден из выражения:

$$\alpha = \frac{\ln \text{tg}\delta_{100} - \ln \text{tg}\delta_0}{100 - 20} = 8,66 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}.$$

Тогда $\text{tg}\delta_{200} = 2,38 \cdot 10^{-3}$.

Выделяющаяся в изоляторе активная мощность P_a растёт с температурой пропорционально $\text{tg}\delta$. Поэтому

$$\frac{P_{a200}}{P_a} = \frac{\text{tg}\delta_{200}}{\text{tg}\delta_0} = \frac{2,38 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}} = 4,76$$

33. В дисковом керамическом конденсаторе ёмкостью $C=100$ пФ, включённом на переменное напряжение $U=100$ В частотой $f=1$ МГц, рассеивается мощность $P_a=10^{-3}$ Вт. Определить реактивную мощность, тангенс угла диэлектрических потерь и добротность конденсатора.

Ответ: $P_r = U^2 \cdot 2\pi fC = 6,28$ вар; $\text{tg}\delta = P_a/P_r = 1,6 \cdot 10^{-4}$; $Q = 1/\text{tg}\delta = 6280$.

34. При изменении параметров керамического конденсатора на частоте $f=1$ кГц получено: ёмкость $C=1000$ пФ; $\text{tg}\delta=8 \cdot 10^{-3}$. Определить эквивалентное последовательное (r_s) и эквивалентное параллельное (R_s) сопротивления на этой частоте?

Ответ: Так как выполняется условие $\text{tg}\delta^2 \ll 1$, то $C_p \approx C_a = C$, где C_p и C_a – эквивалентные параллельная и последовательная емкости соответственно,. Для последовательной эквивалентной схемы конденсатора с потерями $\text{tg}\delta = r_a \cdot \omega C$; $r_a = (2\pi fC)^{-1} \text{tg}\delta = 1270$ Ом. Для параллельной эквивалентной схемы $\text{tg}\delta = (R_p \omega C)^{-1}$; $R_p = (\omega C \text{tg}\delta)^{-1} = 2 \cdot 10^7$ Ом.

35. Рассчитайте активную мощность потерь при постоянном напряжении $U_0=100$ В для конденсатора на основе плёнки полиэтилентерефталата ёмкостью $C=1$ мкФ. Постоянная времени этого конденсатора $\tau_c=10000$ Мом*мкФ. Какой ток будет протекать по выводам этого конденсатора, если его включить в сеть с напряжением 220 В и частотой 50 Гц?

Ответ: $P_a = U_0^2 C / \tau_c = 10^{-6}$ Вт ; $I = 69$ А.

36. Чему равна активная мощность рассеяния в кабеле с сопротивлением изоляции 20 Мом при постоянном напряжении 20 В?

Ответ: 20 мкВт.

37. Определить удельные диэлектрические потери в плоском конденсаторе, изготовленном из пленки полистирола толщиной 20 мкм, если на конденсатор подано напряжение 2В частотой 2 МГц (для полистирола $\epsilon=2,2$; $\text{tg}\delta=2\cdot 10^{-4}$).

Ответ: 600 Вт/м².

*38. Полиэтиленовая изоляция характеризуется следующими значениями электрических параметров: $\epsilon=2,3$; $\rho=10^{15}$ Ом*м; $\text{tg}\delta=3\cdot 10^{-4}$ (на частоте $f=1$ МГц). Объяснить, можно ли частотные изменения и активной мощности рассеяния P_a описать, используя параллельную эквивалентную схему диэлектрика?

Ответ: С помощью параллельной эквивалентной схемы можно описать частотные изменения P_a и $\text{tg}\delta$ в тех диэлектриках, в которых преобладающими являются потери на электропроводность. В таком случае имеем: $\text{tg}\delta=1,8\cdot 10^{10}\cdot(\epsilon f\rho)^{-1}$. Однако эта формула неприменима к неполярным полимерам. Действительно, для полиэтилена $\text{tg}\delta=8\cdot 10^{-10}$, т.е. расчетное значение много меньше реально измеренного на выбранной частоте. Это объясняется тем, что нейтральность молекул может иметь место лишь при строго регулярной укладке полимерных цепей, что не реализуется на практике. Любые нарушения симметрии цепи приводят к появлению дипольного момента (так называемые дипольно-групповые и дипольно-сегментарные потери). Кроме того, даже при тщательной очистке полимеров от полярных примесей в макромолекулах имеются карбонильные и гидроксильные группы, включения катализатора полимеризации и др., ответственные за увеличение $\text{tg}\delta$.

39. При каком максимальном напряжении может работать слюдяной конденсатор ёмкостью $C=1000$ пФ с площадью обкладок $S=6\cdot 10^{-4}$ м², если он должен иметь четырёхкратный запас по электрической прочности. Диэлектрическая проницаемость слюды $\epsilon=7$, её электрическая прочность $E_{\text{пр}}=100$ МВ/м. Какова толщина h слюдяной пластинки?

Ответ: $U_{\text{max}}=930$ В; $h=37,2$ мкм.

40. Определить запас по электрической прочности плоского конденсатора и толщину диэлектрика из неорганического стекла, если ёмкость конденсатора 68 пФ, площадь обкладки 10 см², рабочее напряжение 10 кВ. Диэлектрическую проницаемость стекла принять равной 6,5, а его электрическую прочность равной $5\cdot 10^7$ В/м.

Ответ: $K=4,24$; $h=0,846$ мкм.

41. На обкладки конденсатора подали напряжение $U_1=5$ кВ. Между обкладками находится однородный материал с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_1=6$. Затем его заменили материалом с другой диэлектрической проницаемостью, а к конденсатору приложили напряжение $U_2=10$ кВ. Напряжённость электрического поля в диэлектрике в обоих случаях одинакова, а расстояние между обкладками h_2 во втором случае равно 4мм. Определить расстояние между обкладками и ёмкость конденсатора в первом случае, если размер обкладок 2×4 см.

Ответ: $h=2$ мм; $C1=21,3$ пФ.

*42. а) Предполагая отсутствие рассеяния теплоты в окружающее пространство, определить, насколько увеличится температура полиэтиленового изолятора толщиной 1 см после нахождения его в течение 30 с в переменном однородном электрическом поле частотой 1 МГц при напряжении 10 кВ. Принять удельную теплоёмкость изолятора $c=2,25 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К); плотность $d=940$ кг/м³; $\epsilon=2,4$; $\text{tg}\delta=4 \cdot 10^{-4}$.

б) Провести аналогичный расчет для изолятора из элекротехнического фарфора той же толщины, если его теплоемкость $c=1,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·Л), плотность $d=2500$ кг/м³, $\epsilon=7$, $\text{tg}\delta=10^{-2}$.

Решение: Мощность, рассеиваемая в диэлектрике толщиной h , расположенном между электродами площадью S , $P_a=U^2 \omega C \text{tg}\delta = (U^2 \cdot 2\pi f \epsilon \epsilon_0 S \text{tg}\delta)/h$. Количество теплоты, которая выделится в объеме изолятора за время t , $Q=P_a t$. Зная габариты изолятора и удельную теплоемкость материала, можно определить повышение температуры

$$\Delta T = \frac{Q}{cdV} = \frac{P_a t}{cdSh} = \frac{U^2 \cdot 2\pi f \epsilon_0 \epsilon t \cdot \text{tg}\delta}{cdh^2}.$$

а) Для полиэтилена

$$\Delta T = \frac{(10^4)^2 \cdot 2\pi \cdot 10^6 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,4 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{2,25 \cdot 10^3 \cdot 940 \cdot (10^{-2})^2} = 0,76 \text{ К}.$$

б) Для электротехнического фарфора $\Delta T=42,4$ К.

Для снижения тепловыделения, обусловленного диэлектрическими потерями, необходимо, чтобы не только $\text{tg}\delta$, но и ϵ'' были малыми. Отсюда вытекает важное требование малого коэффициента диэлектрических потерь $\epsilon''=\epsilon \text{tg}\delta$ высокочастотных электроизоляционных материалов.

43. Определить минимальную скорость электрона, чтобы он мог ионизировать атом неона, если потенциал ионизации последнего 21,5 В. Какое расстояние должен пройти электрон в поле напряжённостью 3 МВ/м, чтобы приобрести эту скорость?

Ответ: $V_{\min}=2,75 \cdot 10^6$ м/с ; $l=7,16$ мкм .

Кроме электронного курса лекций студент может при подготовке использовать следующую литературу:

Основная литература.

Бобровников Л.З. Электроника. Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 557с.

Герасимов С.М и др. Физические основы электронной техники. – Киев, Высш.шк., 2006. – 433с.

Гусев в.г., Гусев Ю.М. Электроника. – М.: Высш.шк., 2005. – 495с.

Лачин В.И. Электроника. – Ростов н/Д, Феникс. 2008. – 572с.

Прянишников В.А. Электроника. Курс лекций. – СПб.: Корона, 2000, - 415с.

Дополнительная литература.

Мильвидский М.Г. Полупроводниковые материалы в современной электронике. – М.: Наука, 1996, 143с.

Электрорадиоматериалы. /Под роед. Б.М.Тареева. – М.: Высш. шк., 2005. – 400с.

Яманов С.А. Химия и радиоматериалы. – М.: Высш.шк., 2005. – 400с.

Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник. – СПб.: Изд-во «Лань», 2006. – 368 с.

Антипов Б.Л., Сорокин В.ЧС., Терехов В.А. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы. Учебное пособие для вузов. – СПб. Изд-во «Лань», 2007. – 208 с.

Шишкин Г.Г., Электроника: Учебник для вузов / Г.Г. Шишкин, А.Г.Шишкин. – М.: Дрофа, 2009. – 703 с.

Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

Реферативные журналы:

- Радиотехника;
- Электроника.

Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;

- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.