

Тест по "Материалознание" примерен вариант 1

Група	Име	Фамилия	Факултетен номер	Дата

Раздел	I	II	III	IV	Общо
Точки (max)	32	33	10	25	100
Получени точки					

I. ЗАГУБИ В ДИЕЛЕКТРИЧНИТЕ МАТЕРИАЛИ

1. Дайте дефиниция за диелектрични загуби.



6 т.

2. Величината тангенс на ъгъла на диелектричните загуби $\operatorname{tg} \delta = \frac{\sigma}{\omega \epsilon}$

отразява загубите на енергия, появили се в резултат от въздействието на:

а) постоянно електрическо поле;

б) променливо електрическо поле;

в) не се влияят от вида на електрическото поле.



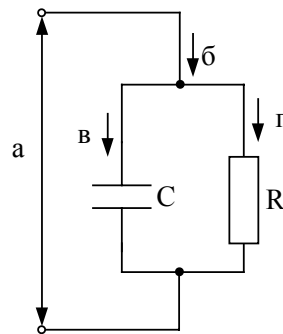
3 т.

Опишете елементите във формулата.

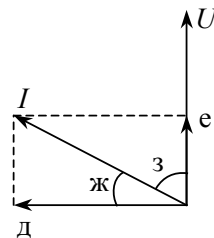
3. Паралелната еквивалентна схема, отразяваща загубите в диелектричните материали е показана на фиг. 1, а съответстващата ѝ векторна диаграма на напрежението и токовете - на фиг. 2. Означете елементите от схемата и от диаграмата.

5 т.

а -
б -
в -
г -
д -
е -
ж -
з -



Фиг. 1



Фиг. 2

4. Кой от изброените процеси, протичащ в диелектричните материали под влияние на електрическото поле не е придружен от загубите на енергия?

а) бързи поляризации;

б) бавни поляризации;

в) електропроводимост.

1 т.

5. Специфичните загуби P_V в диелектричен материал се изчисляват чрез израза:

4 т.

а) $P_V = \frac{P}{V} = \frac{U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta}{Sd} = E^2 \omega \epsilon_0 \epsilon_r \operatorname{tg} \delta, \text{ W/m}^3;$

б) $P_V = \frac{P}{S} = \frac{U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta}{S} = U^2 \frac{\omega \epsilon_0 \epsilon_r \operatorname{tg} \delta}{d}, \text{ W/m}^2;$

в) $P_V = \frac{P}{d} = \frac{U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta}{d} = E^2 \omega \epsilon_0 \epsilon_r \operatorname{tg} \delta, \text{ W/m}.$

Опишете елементите във върната формулата и дайте дименсиите им.



6. С тангенса на ъгъла на диелектричните загуби $\operatorname{tg} \delta$ се оценяват:

1 т.

а) релаксационните загуби;

б) комплексните загуби;

в) загубите от електропроводност.

7. Направете анализ на честотната зависимост на $\operatorname{tg} \delta$ $\varepsilon_r \operatorname{tg} \delta = \frac{N \alpha_0 \omega \tau}{\varepsilon_0 (1 + \omega^2 \tau^2)}$:

$\omega \rightarrow 0$, то $\Rightarrow \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta \rightarrow \dots\dots\dots 2 \dots\dots\dots \Rightarrow \operatorname{tg} \delta \rightarrow \dots\dots\dots 0 \dots\dots\dots$
 $\omega \rightarrow \omega_0$, то $\Rightarrow \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta \rightarrow \dots\dots\dots \Rightarrow \operatorname{tg} \delta \rightarrow \dots\dots\dots$
 $\omega \rightarrow \infty$, то $\Rightarrow \varepsilon_r \operatorname{tg} \delta \rightarrow \dots\dots\dots 0 \dots\dots\dots \Rightarrow \operatorname{tg} \delta \rightarrow \dots\dots\dots 0 \dots\dots\dots$
 където $\omega_0 = \frac{1}{\tau}$, τ - време за релаксация. 4 т.

8. Температурната зависимост на $\operatorname{tg} \delta$ се определя от температурната зависимост на: 1 т.

- а) времето за релаксация τ ;
- б) диелектричната проникваемост ε_r ;
- в) активните загуби P .

9. Времето на релаксация τ : 1 т.

- а) намалява при повишаване на температурата;
- б) се увеличава при повишаване на температурата;
- в) не зависи от температурата.

10. Активните загуби от електропроводимост P се изчисляват по изказа:

- а) $P = \frac{U^2}{R_{из}}$; 3 т.
- б) $P = R_{из} U^2$;
- в) $P = R_{из} I_{пол}^2$.

Опишете елементите във вярната формулата и дайте дименсиите им.

11. Йонизационните загуби могат да се определят от изказа: 3 т.

- а) $P_{ион} = A_1 f(U - U_{ион})^3$;
- б) $P_{ион} = A_1 f(U_{ион} - U)^3$;
- в) $P_{ион} = A_1 f(U + U_{ион})^3$.

Опишете елементите във вярната формулата.

II. ПРОВОДНИКОВИ СВОЙСТВА НА МАТЕРИАЛИТЕ

1. Проводниковите материали с електронна проводимост се наричат още:

- а) проводници от I род; 1 т.
- б) проводници от II род;
- в) проводници от III род.

2. Обяснете е строежа на металите и произхода на колективните електрони. 6 т.

3. Подвижността на електроните в металите може да се изчисли от изказа:

- а) $\mu = \frac{2mv_T}{e\lambda_{ср}}$, 3 т.
- б) $\mu = \frac{e\lambda_{ср}}{2mv_T}$,
- в) $\mu = \frac{e}{2mv_T}$,

Опишете елементите във вярната формулата.

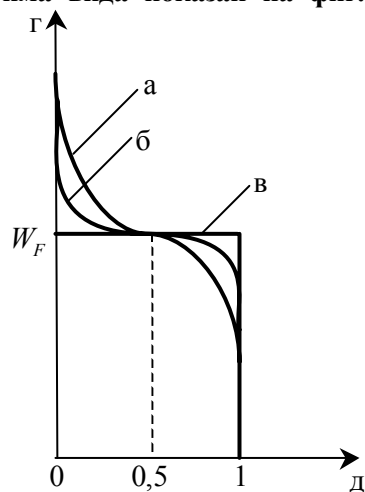
4. Вероятността за заемане на енергетично ниво се описва от разпределението на Ферми по формулата: 3 т.

- а) $P(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W + W_F}{kT}\right)}$,
- б) $P(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W - W_F}{kT}\right)}$,
- в) $P(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W - W_F}{3kT}\right)}$,

Опишете елементите във вярната формулата.

5. Ако разпределението на Ферми има вида показан на фиг. 3, опишете елементите от графиката: 4 т.

а -
б -
в -
г -
д -

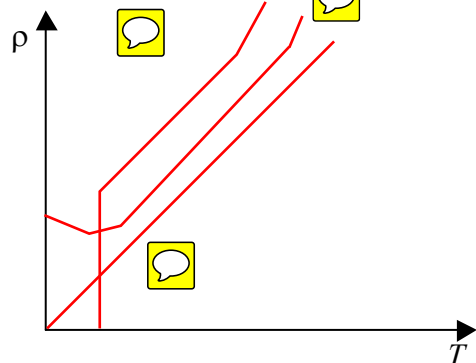


Фиг. 3

6. Температурният коефициент на специфично съпротивление се дава с общата формула $\alpha_\rho = \dots$ и има дименсия \dots 4 т.

7. Законът на Видеман-Франц се описва от израза $h_T = aT\sigma$. Опишете елементите във формулата и дайте дименсиите им (без a - константата на Видеман-Франц). 3 т.

8. Постройте графично и обяснете температурната зависимост на специфично съпротивление $\rho = f(T)$ на чистите метали. 6 т.



9. При увеличаване на концентрацията на примесите в металите: 1 т.

- а) специфичното им съпротивление ρ се увеличава;
- б) специфичната им проводимост σ се увеличава;
- в) специфичното им съпротивление ρ не се променя.

10. При контакт между два метала с различно ниво на Ферми започва преминаването на електрони от: 1 т.

- а) метала с по-високо ниво на Ферми към метала с по-ниско ниво на Ферми;
- б) метала с по-ниско ниво на Ферми към метала с по-високо ниво на Ферми;
- в) не е свързано с нивото на Ферми.

11. Термо-електродвижещото напрежение се нарича потенциалната разлика, възникнала поради: 1 т.

- а) разлика в интензитетите на електрическото поле в двата края на метален проводник;
- б) разлика в интензитетите на магнитното поле в двата края на метален проводник;
- в) разлика в температурата в двата края на метален проводник.

III. ПОЛУПРОВОДНИКОВИ МАТЕРИАЛИ

1. В таблицата са дадени някои от основните параметри на германий и силиций. Отбележете параметъра, който в най-голяма степен определя работната температура на полупроводниковия материал: 2 т.

	Ge	Si
Широчина на забранената зона, eV	0,665	1,12
Подвижност на електроните, $m^2/V.s$	0,39	0,14
Подвижност на дупките, $m^2/V.s$	0,19	0,05
Специфично съпротивление, $\Omega.m$	0,68	2.10^3
Температура на топене, $^{\circ}C$	936	1414

2. Попълнете валентността на елементите А и В, които участват в полупроводниковите химически съединения: 6 т.

A.....B.....

A.....B.....

A.....B.....

Посочете примери на полупроводникови съединения от означените типове.

3. Чистотата на полупроводниковите материали се измерва с: 1 т.

- а) процент на примесите;
- б) промил на примесите;
- в) брой на примесните атоми на единица обем.

4. Методът за изтегляне на монокристал от стопилка (метод на Чохралски) се използва за получаване на монокристали: 1 т.

- а) само от силиций;
- б) само от германий;
- в) от различни полупроводникови материали.

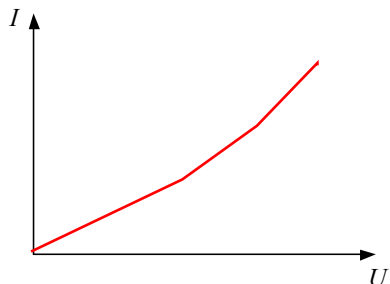
IV. КОНДЕНЗАТОРИ

1. Кои от изброените електронни градивни елементи са активни? 3 т.

- а) резистори;
- б) кондензатори;
- в) транзистори;
- г) диоди;
- д) бобини;
- е) тиристори.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

2. Начертайте волт-амперната характеристика на нелинеен електронен елемент. 3 т.



3. Дайте дефиниция за променлив кондензатор. 4 т.



4. Под номинално напрежение на кондензатора се разбира 4 т.



5. Времеконстантата на кондензатора се изчислява по израза: 3 т.

а) $\tau = I_{ym} C_N$;

б) $\tau = \frac{I_{ym}}{C_N}$;

в) $\tau = R_{из} C_N$.

Опишете елементите във вярната формула и дайте дименсиите им.



6. Имайки предвид израза за пълното съпротивление на кондензатора

$$|Z_C| = \sqrt{r^2 + \left(\omega L_C - \frac{1}{\omega C} \right)^2} ,$$

начертайте последователната му еквивалентна

схема. Опишете елементите във формулата. 6 т.



7. Основната особеност на електролитните кондензатори е в това, че те притежават: 1 т.

- а) много малък температурен коефициент на специфичния капацитет;
- б) много голям специфичен капацитет;
- в) много голямо номинално съпротивление.

8. Като диелектрик в електролитните кондензатори се използва: 1 т.

- а) кондензаторни керамики;
- б) електролит със специален състав;
- в) оксиди на вентилните метали (Al, Ta, Nb).

Тест по "Материалознание" примерен вариант 2

Група	Име	Фамилия	Факултетен номер	Дата

Раздел	I	II	III	IV	Общо
Точки (max)	32	33	10	25	100
Получени точки					

I. ПОЛЯРИЗАЦИЯ

1. Ако се приложи електрическо поле между два паралелни електрода във вакуум, то: 1 т.

- а) върху тях ще се натрупа електрически заряд;
- б) между тях ще предвижват свободни електрони;
- в) между тях ще предвижват свободни йони.

2. Капацитетът на система от два електрода, средата между които не е вакуум, се изчислява по израза $C = \dots\dots\dots$. Опишете елементите във формулата и дайте дименсиите им 5 т.



3. Поляризацията P се дефинира с израза $P = D - D_0 = (\epsilon_r - 1)\epsilon_0 E = \kappa\epsilon_0 E$. Опишете елементите във формулата и дайте дименсиите им. 3 т.



4. Йонната поляризация се получава в резултат на: 1 т.

- а) изместване на еквивалентните центрове на зарядите на атома;
- б) противоположно изместване на положителните и отрицателните йони;
- в) ориентиране на постоянните диполи;
- г) ориентиране на електрически заредени области в структурата на материала.

5. Поляризуемостта на структурата при йонна поляризация се дава с израза:

- а) $\alpha_e = \frac{4\pi\epsilon_0}{R^3}$; 3 т.
- б) $\alpha_e = 4\pi\epsilon_0 R^3$;
- в) $\alpha_e = q^2 k_{el}$;
- г) $\alpha_e = \frac{q^2}{k_{el}}$. 1 т.



Опишете елементите във вярната формула.



6. С реалната част на комплексната относителна диелектрична проницаемост $\text{Re}[\epsilon] = 1 + \frac{N\alpha_0}{\epsilon_0(1 + \omega^2\tau^2)}$ се описват поляризационните процеси в променливо електрическо поле и тя се отнася за: 4 т.

- а) ϵ_r ;
- б) $\text{tg}\delta$;
- в) $\epsilon_r \cdot \text{tg}\delta$.



Опишете елементите във формулите.

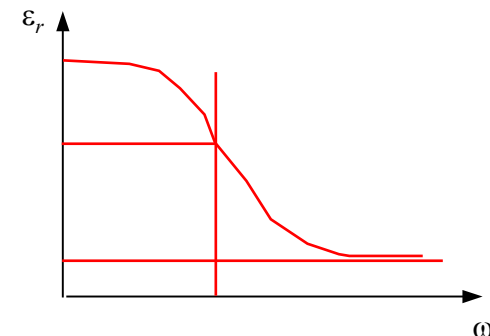
7. Като имат пред вид израза $\epsilon_r = 1 + \frac{N\alpha_0}{\epsilon_0(1 + \omega^2\tau^2)}$ начертайте графично

зависимостта $\epsilon_r = f(\omega)$ при поляризационни процеси в променливо електрическо поле. Посочете характерните стойности за 6 т.

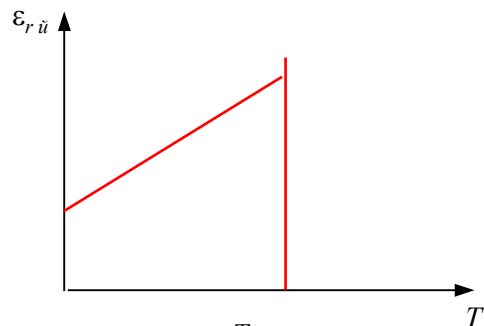
$\epsilon_r \rightarrow \dots\dots\dots$, ако $\omega \rightarrow 0$;

$\epsilon_r = \dots\dots\dots$, ако $\omega = \omega_0 \left(\omega_0 = \frac{1}{\tau} \right)$;

$\epsilon_r \rightarrow \dots\dots\dots 1 \dots\dots\dots$, ако $\omega \rightarrow \infty$



8. Начертайте зависимостта на относителната диелектрична проницаемост при йонна поляризация $\epsilon_{r\dot{y}}$ от температурата T : 4 т.



9. При повишаване на температурата T :

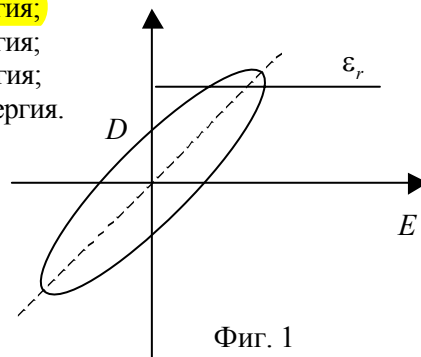
- а) τ намалява,
- б) τ се увеличава,
- в) τ не зависи от температурата,



където τ е време за.....(допълнете наименованието)

10. Ако функциите $D=f(E)$ и $\epsilon_r=f(E)$ имат вида показан на фиг. 1, то те се отнася за: 1 т.

- а) линейни диелектрици със загуби на енергия;
- б) линейни диелектрици без загуби на енергия;
- в) нелинейни диелектрици с загуби на енергия;
- г) нелинейни диелектрици без загуби на енергия.



Фиг. 1

11. В твърдите диелектрици се проявява:

- а) само електронна поляризация;
- б) само йонна поляризация;
- в) само диполна поляризация;
- г) всички видове поляризации.

1 т.

II. ПОЛУПРОВОДНИКОВИ СВОЙСТВА НА МАТЕРИАЛИТЕ

1. Съгласно зонната теория свойствата на полупроводниковите материали:

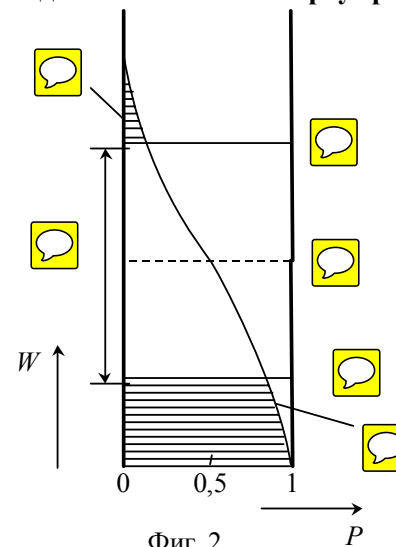
- а) зависят от енергетичното им състояние и могат да се проявяват като проводници и диелектрици;
- б) зависят от агрегатното им състояние и могат да се проявяват като проводници и диелектрици;
- в) не зависят от енергетичното и от агрегатното им състояние.

1 т.

2. Начертайте зонната диаграма на собствен полупроводник и покажете върху нея процеса на генерация на двойката свободен електрон - "дупка". 6 т.



3. Разпределението на Ферми за собствен полупроводник има вида показан на фиг. 2. Нанесете необходимите означения върху графиката. 4 т.



Фиг. 2

4. Броят на свободните електрони n при собствените полупроводници се изчислява по изрази: 3 т.

а) $n = N_C \exp\left(-\frac{W_C - W_F}{kT}\right) = \sqrt{N_B N_C} \exp\left(-\frac{\Delta W}{kT}\right),$

б) $n = N_C \exp\left(-\frac{kT}{W_C - W_F kT}\right) = \sqrt{N_B N_C} \exp\left(-\frac{kT}{\Delta W}\right),$

в) $n = N_C \exp\left(-\frac{W_C - W_F}{kT}\right) = \sqrt{N_B N_C} \exp\left(-\frac{\Delta W}{2kT}\right),$



Опишете елементите във вярната формула.

5. Проводимостта на собствения полупроводник (собствената проводимост) σ_i има дименсия и се описва от израза: 4 т.

а) $\sigma_i = n_i e \mu_n + p_i e \mu_p$,

б) $\sigma_i = n_i e \mu_p + p_i e \mu_n$,

в) $\sigma_i = n_i e (\mu_p + \mu_n)$,

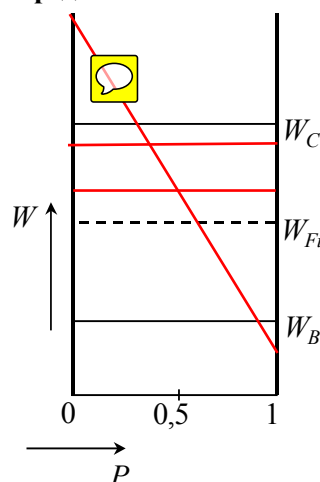
г) $\sigma_i = p_i e (\mu_p + \mu_n)$,

д) $\sigma_i = \mu_n e (n_i + p_i)$.

Опишете елементите във вярната формула.

Въпросът има повече от един верен отговор.

6. Постройте графично разпределението на Ферми за примесен полупроводник от N-тип. 6 т.



7. Основните токоносители в акцепторните полупроводници са, а неосновните са 3 т.

8. Температурният коефициент на специфичното съпротивление на полупроводниците α_p е: 1 т.

а) отрицателен;

б) положителен;

в) равен на нула.

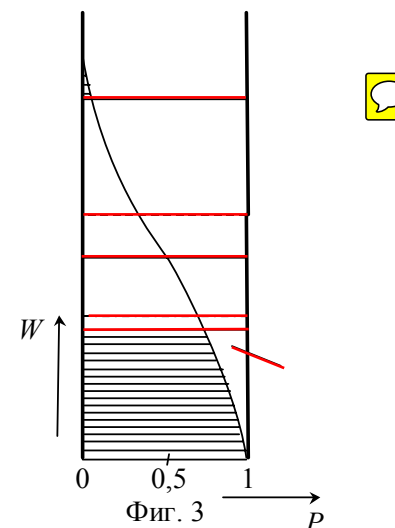
9. Чрез ефектът на Хол може да се определи: 1 т.

а) само типа на проводимостта;

б) само концентрацията на токоносителите;

в) типа на проводимостта, концентрацията и подвижността на токоносителите.

10. Разпределението на Ферми за примесен полупроводник от P-тип има вида показан на фиг. 3. Нанесете необходимите означения върху графиката. 4 т.



III. МАГНИТНИ МАТЕРИАЛИ

1. Магнитните материали се разделят на магнитномеки и магнитнотвърди в зависимост от: 1 т.

а) магнитната енергия;

б) механичната им твърдост;

в) точката им на Кюри;

г) температурата им на топене.

2. Избройте няколко представителя на магнитномеки материали. 6 т.

3. Феритите представляват: 1 т.

а) смес от сулфиди;

б) смес от метални оксиди;

в) твърд разтвор на желязен и метални оксиди.

4. Феритите са високочестотни магнитни материали, защото: 1 т.

а) имат високо специфично съпротивление;

б) имат ниско специфично съпротивление;

в) имат малки диелектрични загуби;

г) имат големи диелектрични загуби.

5. Феритите с правоъгълен хистерезисен цикъл се използват за: 1 т.
- а) магнитни паметни;
 - б) сигнални трансформатори;
 - в) мрежови трансформатори;
 - г) сърцевини на бобини.

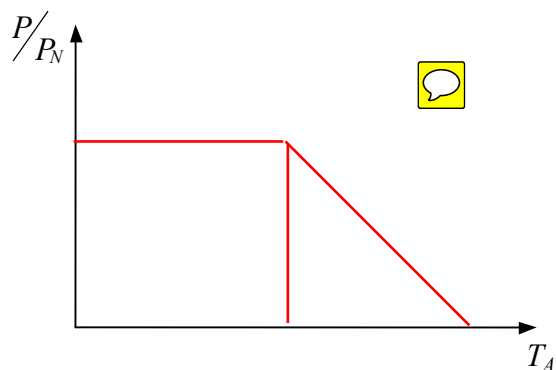
IV. РЕЗИСТОРИ

1. Дайте дефиниция за постоянен резистор. 4 т.
2. За изработването на токопроводящия елемент на резистора се използват: 3 т.
- а) пиролитичен въглерод;
 - б) полистирол и поликарбонат;
 - в) метали, сплави и метални окиси;
 - г) високо честотни ферити;
 - д) полупроводникови и композиционни материали.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

3. Съпротивлението на всеки резистор зависи: 1 т.
- а) само от свойствата на материала на токопроводящия елемент, а не и от геометричните му размери;
 - б) от геометричните размери и свойствата на материала на токопроводящия елемент;
 - в) от геометричните размери и свойствата на материала на изолацията.

4. Постройте графично и обяснете накратко зависимостта на $\frac{P}{P_N} = \frac{(T_{R\max} - T_A)}{(T_{R\max} - T_N)}$ от температурата на околната среда T_A . 6 т.



5. За нискоомни резистори граничното работно напрежение U_{xp} се определя от: 1 т.
- а) допустимото нагряване на резистора и от номиналната мощност P_N ;
 - б) възможността за пробив между изводите преди да е достигната номиналната мощност P_N ;
 - в) възможността за пробив между изводите след като е достигната номиналната мощност P_N .

6. Собственият капацитет на резистора C_R зависи от: 3 т.
- а) дължината на изводите;
 - б) геометричните размери на резистора;
 - в) специфичното съпротивление на токопроводящия елемент;
 - г) диелектричната проникваемост на изолационната основа и защитното покритие.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

7. Съпротивлението на термистора (NTC) R_T зависи от температурата съгласно израза: 4 т.
- а) $R_T = -\frac{B}{T^2}$;
 - б) $R_T = -\frac{T^2}{B}$;
 - в) $R_T = A \exp\left(\frac{T}{B}\right)$;
 - г) $R_T = A \exp\left(\frac{B}{T}\right)$.

Опишете елементите във вярната формула.

8. Параметрите, характерни предимно за фоторезисторите са: 3 т.
- а) класификационно напрежение;
 - б) номинална мощност на разсейване;
 - в) спектрална характеристика;
 - г) съпротивление на тъмно;
 - д) съпротивление на светло;
 - е) специфична чувствителност;
 - ж) ниво на шума;
 - з) собствена индуктивност.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

Тест по "Материалознание" примерен вариант 3

Група	Име	Фамилия	Факултетен номер	Дата

Раздел	I	II	III	IV	Общо
Точки (max)	32	33	10	25	100
Получени точки					

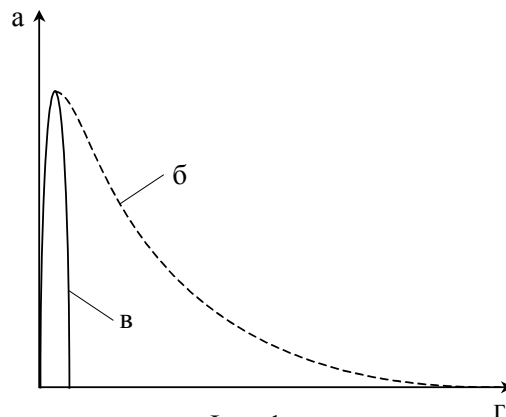
I. ЕЛЕКТРОПРОВОДИМОСТ В ДИЕЛЕКТРИЧНИ МАТЕРИАЛИ

1. След установяване на всички видове поляризации, поляризационният ток $I_{пол}$: 1 т.

- а) се установява на някаква постоянна стойност;
- б) става равен на нула;
- в) продължава да нараства.

2. Ако зависимостта на поляризационния ток от времето (времедиаграмата на поляризационния ток) в диелектрик при постоянно електрическо поле има вида показан на фиг. 1, то опишете елементите от графиката: 3 т.

- а -
- б -
- в -
- г -



Фиг. 1

3. Плътността на поляризационния ток $J_{пол}$ в диелектрик поставен в постоянно електрическо поле има измерения и се определя от израза $J_{пол} = \frac{dD}{dt} \approx J_{аб}$. Опишете елементите във формулата. 3 т.



4. Връзката между утечния ток $I_{ут}$ и изоляционното съпротивление $R_{из}$ на диелектрик се дава с израза: 3 т.

- а) $R_{из} = \frac{U}{I_{ут}}$;
- б) $R_{из} = \frac{I_{ут}}{U}$;
- в) $R_{из} = \frac{I}{I_{ут}}$.

Опишете елементите във вярната формула и дайте измерения им.

5. Изоляционното съпротивление $R_{из}$ на диелектрика е омично по своята природа т. е.: 1 т.

- а) зависи от времето;
- б) зависи от честотата на приложеното напрежение;
- в) не зависи от времето и честотата на приложеното напрежение.

6. Ако диелектрик без загуби на енергия от поляризация е поставен в променливо електрическо поле с интензитет $E = E_m \sin \omega t$, електрическата индукция в него D се определя от израза $D = \dots$. Опишете елементите във формулите. 4 т.



7. Ако диелектрик без загуби на енергия от поляризация е поставен в променливо електрическо поле с интензитет $E = E_m \sin \omega t$, плътността на поляризационния ток в него $J_{пол}$ се определя от израза $J_{пол} = \frac{dD}{dt} = \dots$. Опишете елементите във формулите. 4 т.

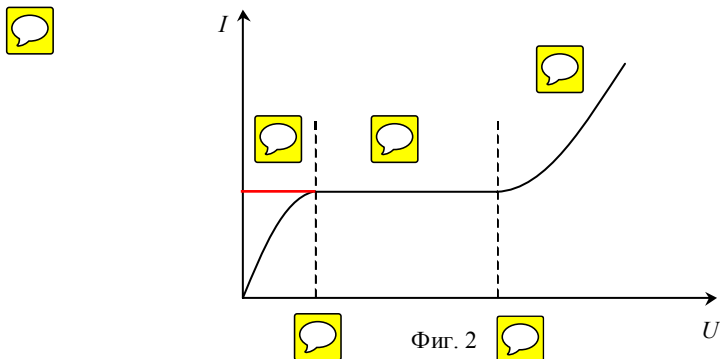


8. Общия ток през диелектрик без загуби, поставен в променливо електрическо поле е $I = I_{пол} + I_{ут} = I_m \cos \omega t + I_{ут} \sin \omega t$. Опишете елементите във формулата. 3 т.

9. Ако диелектрик без загуби поставен между два електрода (идеален кондензатор) се включи в електрическа верига то той ще: 1 т.

- а) ограничава протичането на постоянен, но не и на променлив ток;
- б) ограничава протичането на променлив, но не и на постоянен ток;
- в) ограничава протичането на постоянен и на променлив ток.

10. Проводимостта на газовете се определя от волт-амперната им характеристика, която е показана на фиг.2. Нанесете необходимите означения и посочете областите с нормална и ударна йонизация върху графиката. 4 т.



11. Кои течности имат най-висока проводимост: 1 т.

- а) полярните;
- б) неполярните;
- в) силно полярните.

12. Проводимостта на твърди диелектрици с йонна структура се обуславя основно от: 1 т.

- а) движение на собствени йони;
- б) движение на свободни електрони;
- в) нито един от изброените случаи.

13. Според дифузионния модел специфичната електропроводимост на материалите се описва от израза $\sigma = qn\mu$ и има измерения 3 т.



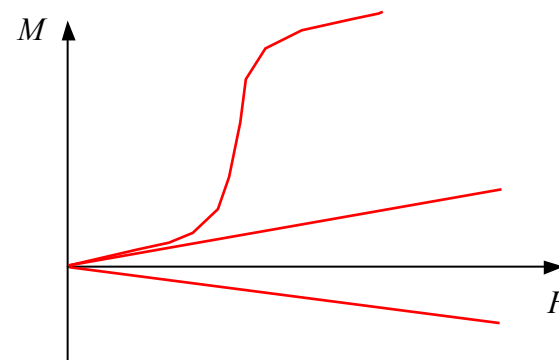
II. МАГНИТНИ СВОЙСТВА НА МАТЕРИАЛИТЕ

1. Индукцията B , създадена от магнитно поле с интензитет H във вакуум, се изчислява съгласно израза: 3 т.

- а) $B = \mu_0 \mu_r H$;
- б) $B = \mu H$;
- в) $B = \mu_0 H$.

Опишете елементите във върнатата формула и дайте измерения им.

2. Начертайте зависимостите на намагнитването от интензитета на приложеното магнитно поле - $M=f(H)$ за диамагнетици, парамагнетици и феромагнетици. 5 т.



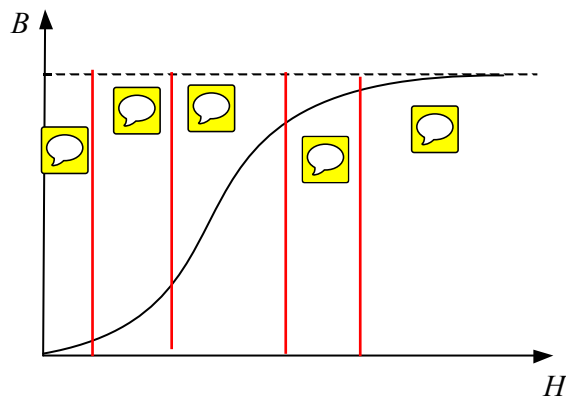
3. Домените са области, в които: 1 т.

- а) всички спинови магнитни моменти са еднопосочно ориентирани, поради което магнитният момент на областта е голям;
- б) всички спинови магнитни моменти са еднопосочно ориентирани, поради което магнитният момент на областта е малък;
- в) всички магнитни моменти на ядрата са еднопосочно ориентирани, поради което магнитният момент на областта е голям.

4. При прилагане на външно магнитно поле с малък интензитет в магнитния материал: 1 т.

- а) се получава ориентирание на векторите на магнитните моменти на домените по посока на полето;
- б) започва увеличаване на размерите на домените, които имат магнитен момент, съвпадащ с посоката на полето;
- в) започва увеличаване на размерите на домените, които имат магнитен момент, перпендикулярен на посоката на полето.

5. На фиг. 3 е показана кривата на първоначалното намагнитване. Означете върху нея основните ѝ области и обяснете процесите, които настъпват в първата от тях. 4 т.



Фиг. 3

6. Импулсната магнитна проницаемост се изразява чрез формулата $\mu_{rev} = \dots$ и се използва, когато: 4 т.

- а) магнитното поле е синусоидално;
- б) магнитното поле е импулсно;
- в) магнитното поле е постоянно.

Опишете елементите във формулата.

7. Начертайте граничен хистерезисен цикъл в магнитен материал и дефинирайте основните му параметри. 6 т.



8. Избройте трите вида загуби в магнитните материали. 4 т.

-
-
-



9. Тангенсът на ъгъла на магнитните загуби $\tan \delta_M$ се определя от израза: 3 т.

а) $\tan \delta_M = \frac{\mu_r}{\mu_r''}$;

б) $\tan \delta_M = \frac{\mu_r''}{\mu_r}$;

в) $\tan \delta_M = \frac{\mu_r''}{\mu_0}$.

Опишете елементите във вярната формула.

10. Температура на Кюри е тази: 1 т.

- а) над която материалите губят доменната си структура;
- б) под която материалите губят доменната си структура;
- в) константа, еднаква за всички материали.

11. Магнитотвърдите материали имат голяма магнитна енергия, поради което: 1 т.

- а) запазват намагнитеното си състояние дълго време;
- б) лесно се размагнитват;
- в) лесно се намагнитват.

III. ПРОВОДНИКОВИ МАТЕРИАЛИ

1. Алюминиевото фолио не се използва като проводник в печатните платки въпреки някои предимства пред медното фолио, защото 4 т.



2. Безоловните меки припои намират по-голямо приложение от оловните поради: 1 т.

- а) по-ниската си температура на топене;
- б) по-добрата корозоустойчивост;
- в) по-високата механична якост на спойката;
- г) законодателна забрана за използване на оловото в електронното производство.

3. Основното свойство на благородните метали, определящо приложението им в електронните апаратури е: 1 т.

- а) има ниско специфично съпротивление;
- б) има висока топлопроводност;
- в) има малко тегло;
- г) има добра корозоустойчивост.

4. Основните изисквания към резистивните сплави са: 4 т.

- а) малка стойност на специфичното им съпротивление;
- б) голяма стойност на специфичното им съпротивление;
- в) отрицателна стойност на относителния температурен коефициент на диелектричната проницаемост α_p ;
- г) положителна стойност на относителния температурен коефициент на диелектричната проницаемост α_p ;

- д) нулева стойност на относителния температурен коефициент на диелектричната проникваемост α_p ;
- е) стабилност на параметрите във времето;
- ж) малко термо - е. д. н. спрямо медта;
- з) голямо термо - е. д. н. спрямо медта;

Въпросът има повече от един верен отговор.

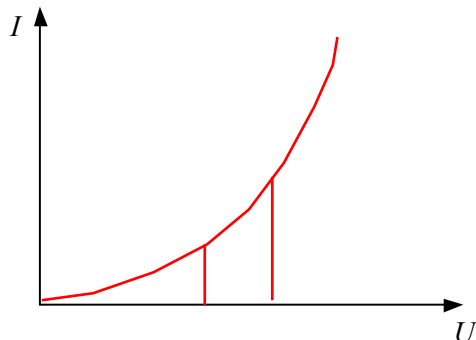
IV. КОНДЕНЗАТОРИ

1. Кои от изброените електронни градивни елементи са пасивни? 3 т.

- а) резистори;
- б) кондензатори;
- в) транзистори;
- г) диоди;
- д) бобини;
- е) тиристори.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

2. Начертайте волт-амперната характеристика на линеен електронен елемент. 3 т.



3. Кондензаторите намират приложение:

- а) за честотни и фазови коректори;
- б) за измерване на температури от -55°C до $+1000^{\circ}\text{C}$;
- в) като блокиращи и разделителни елементи;
- г) за изграждане на трептящи кръгове
- д) като постоянни и променливи резистивни делители.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

4. Капацитетът на всеки кондензатор зависи: 1 т.

- а) само от диелектричната проникваемост на диелектрика между електродите, а не и от геометричните му размери;
- б) от геометричните размери и от диелектричната проникваемост на диелектрика между електродите;
- в) от геометричните размери и свойствата на материала на електродите.

5. Изпитвателно напрежение на кондензатора е винаги: 1 т.

- а) по-малко от номиналното напрежение;
- б) по-голямо от номиналното напрежение;
- в) равно на номиналното напрежение.

6. Температурният коефициент на капацитета на кондензатора α_C се определя

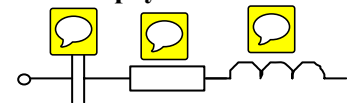
от израза $\alpha_C = \frac{C_2 - C_1}{C_3(T_2 - T_1)}$, за: 4 т.

- а) кондензатори с линейна зависимост $C = f(T)$;
- б) кондензатори с нелинейна зависимост $C = f(T)$;
- в) за всички кондензатори.

Опишете елементите във формулата и дайте дименсиите им.



7. Имайки предвид дадената на фиг. 4 еквивалентна схема на кондензатор, то коефициентът на загубите на енергия в него, може да се представи като $tg\delta = tg\delta_m + tg\delta_{из} + tg\delta_o$, където $tg\delta_m = \omega r_m C$ и $tg\delta_{из} = \frac{1}{\omega R_{из} C}$. Опишете елементите във формулите и върху еквивалентната схема. 6 т.



Фиг. 4

8. Параметрите, типични за електролитните кондензатори са: 3 т.

- а) пулсиращ ток;
- б) спектрална характеристика;
- в) съпротивление на тъмно;
- г) утечен ток;
- д) коефициент на нелинейност;
- е) шум от преместване на подвижния контакт.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

9. Оксидният слой в електролитните кондензатори може да е с малка дебелина поради това, че притежава: 1 т.

- а) малки диелектрични загуби;
- б) голяма диелектрична проникваемост;
- в) голяма диелектрична якост.

Тест по "Материалознание" примерен вариант 4

Група	Име	Фамилия	Факултетен номер	Факултет	Дата

Раздел	I	II	III	IV	Общо
Точки (max)	32	33	10	25	100
Получени точки					

I. ПРОБИВ В ДИЕЛЕКТРИЧНИ МАТЕРИАЛИ

1. При пробив в диелектрични материали се дефинира параметърът диелектрична якост: 3 т.

а) $E_{np} = \frac{U_{np}}{d}$,

б) $E_{np} = d \cdot U_{np}$,

в) $U_{np} = d \cdot E_{np}$,

г) $U_{np} = \frac{E_{np}}{d}$.

Опишете параметрите във вярната формула и дайте дименсиите им.



2. Еднородно е електрическото поле, при което: 1 т.

- а) напрежението U е еднакво във всички точки между електродите;
- б) интензитетът E е еднакъв във всички точки между електродите;
- в) налягането на газа p е еднакво във всички точки между електродите.

3. След премахване на въздействието на електрическото поле газообразните диелектрици: 1 т.

- а) проявяват проводникови свойства;
- б) възстановяват диелектричните си свойства, т. е. пробивът в тях е обратим процес;
- в) не възстановяват диелектричните си свойства, т. е. пробивът в тях е необратим процес.

4. Свободните заредени частици в газообразен диелектрик, поставен в еднородно електрическо поле, придобиват допълнителна енергия $W = Eq\lambda_{cp}$.

В този случай условието за пробив е:

4 т.

а) $W > W_{iон}$,

б) $W < W_{iон}$,

в) $W = W_{iон}$,

където W е

$W_{iон}$ -

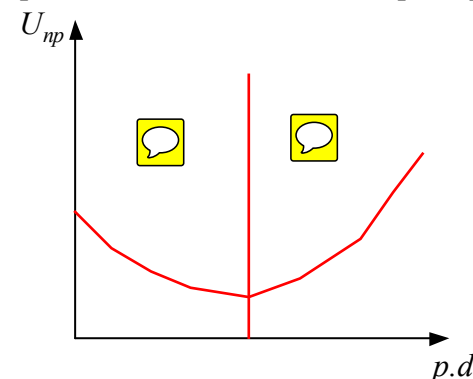
E -

q -

λ_{cp} -



5. Начертайте зависимостта на пробивното напрежение $U_{np} = f(pd)$ за въздуха при еднородно електрическо поле и обяснете характера на изменение на функцията. 6 т.



6. Когато налягането на газа е по-малко от атмосферното, броят на молекулите в единица обем намалява и следователно: 1 т.

а) пробивното напрежение намалява;

б) пробивното напрежение се повишава;

в) пробивното напрежение не се променя.

7. Увеличаването на количеството примеси в течните диелектрици: 1 т.

- а) рязко намалява диелектричната им якост;
- б) рязко увеличава диелектричната им якост;
- в) не влияе върху диелектричната им якост.

8. Диелектричната якост на течни диелектрици е: 1 т.

- а) еднаква с тази на газообразните диелектрични материали;
- б) по-голяма от диелектричната якост на газовете;
- в) по-малка от диелектричната якост на газовете.

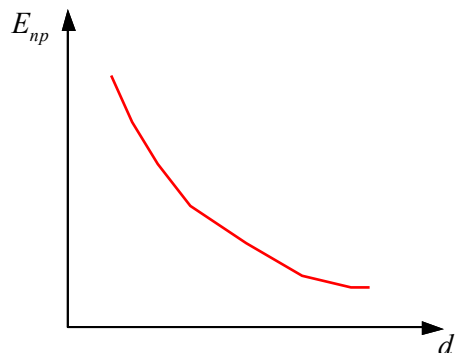
9. Пробивът в твърди диелектрици се осъществява по следните механизми: 4 т.



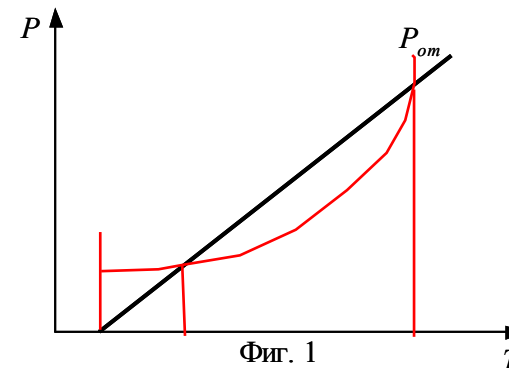
10. Електрическият пробив в твърди диелектрици е електронен процес който се развива: 1 т.

- а) бавно във времето;
- б) за много кратко време;
- в) не зависи от времето.

11. Начертайте зависимостта на диелектричната якост от дебелината на образца $\epsilon_{np} = f(d)$ на диелектрик с нееднородна структура. 4 т.



12. На фиг. 1 е показана температурната зависимост на отдадената $P_{om} = f(T)$ на твърд диелектричен материал. Върху същата координатна система начертайте графиката на отделената топлина $P = f(T)$ при напрежение по-малко от пробивното напрежение на образца. 5 т.



Фиг. 1

II. ПОЛУПРОВОДНИКОВИ СВОЙСТВА НА МАТЕРИАЛИТЕ

1. Съгласно зонната теория свойствата на полупроводниковите материали:

- а) зависят от агрегатното им състояние и могат да се проявяват като проводници и диелектрици; 1 т.
- б) зависят от енергетичното им състояние и могат да се проявяват като проводници и диелектрици;
- в) не зависят от енергетичното и от агрегатното им състояние.

2. В чистия полупроводников кристал при температура $T = 0K$: 1 т.

- а) има свободни електрони;
- б) няма свободни токоносители;
- в) има свободни йони.

3. Броят на "дупките" p при собствените полупроводници се изчислява по израза: 4 т.

$$а) p = N_B \exp\left(-\frac{W_F - W_B}{kT}\right) = \sqrt{N_C N_B} \exp\left(-\frac{\Delta W}{kT}\right);$$

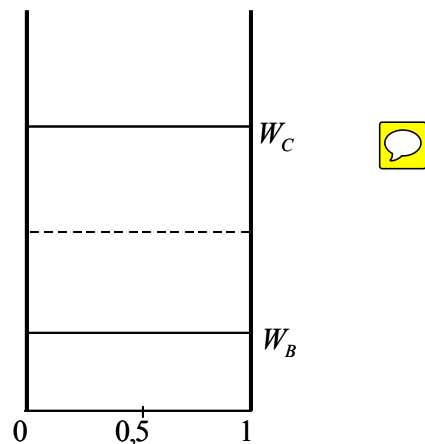
$$б) p = N_B \exp\left(-\frac{W_F - W_B}{kT}\right) = \sqrt{N_C N_B} \exp\left(-\frac{\Delta W}{2kT}\right);$$

$$в) p = N_B \exp\left(-\frac{kT}{W_F - W_B}\right) = \sqrt{N_C N_B} \exp\left(-\frac{kT}{\Delta W}\right).$$

Опишете параметрите във вярната формула.



4. Постройте графично разпределението на Ферми за собствен полупроводник. 6 т.



5. Изразът за проводимостта на собствения полупроводник (собствената проводимост) е $\sigma_i = \dots\dots\dots$ и има дименсия $\dots\dots\dots$. Опишете параметрите във формулата. 5 т.

6. За примесни полупроводници от донорен тип е в сила съотношението: 3 т.

- а) $n > p$,
- б) $n = p$,
- в) $n < p$,

където n е p -

7. Концентрацията на основните токоносители n в неизродените донорни полупроводници се изчислява по изрази: 4 т.

а) $n = \sqrt{N_d N_C} \exp\left(-\frac{\Delta W_d}{kT}\right),$

б) $n = \sqrt{N_d N_C} \exp\left(-\frac{kT}{\Delta W_d}\right),$

в) $n = \sqrt{N_d N_C} \exp\left(-\frac{\Delta W_d}{2kT}\right),$

където N_d е

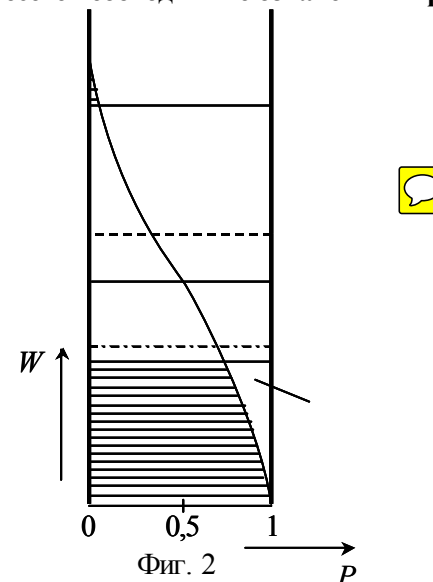
N_C -

ΔW_d -

k -

T -

8. Разпределението на Ферми за примесен полупроводник от Р-тип има вида показан на фиг. 2. Нанесете необходимите означения върху графиката. 4 т.



9. Температурният коефициент на специфичното съпротивление на полупроводниците α_p е: 1 т.

- а) положителен;
- б) отрицателен;
- в) равен на нула.

10. При ефектът на Хол за подвижността на токоносителите се извежда изразът:

а) $\mu_n = -E_H B_y E_x;$

б) $\mu_n = -\frac{E_H}{B_y E_x};$

в) $\mu_n = -\frac{B_H}{E_y B_x};$

г) $\mu_n = -B_H E_y B_x.$

Опишете параметрите във вярната формула.

11. Чрез метода на горещата сонда може да се определи: 1 т.

- а) само типа на проводимостта;
- б) само концентрацията на токоносителите;
- в) типа на проводимостта, концентрацията и подвижността на токоносителите.

III. МАГНИТНИ МАТЕРИАЛИ

1. Магнитните материали се разделят на магнитномеки и магнитнотвърди в зависимост от: 1 т.

- а) точката им на Кюри;
- б) магнитната енергия;
- в) механичната им твърдост;
- г) температурата им на топене.

2. Избройте няколко представителя на магнитномеки материали. 6 т.



3. Феритите представляват: 1 т.

- а) смес от сулфиди;
- б) смес от метални оксиди;
- в) твърд разтвор на желязен и метални оксиди.

4. Феритите с правоъгълен хистерезисен цикъл се използват за: 1 т.

- а) мрежови трансформатори;
- б) магнитни паметни;
- в) сигнални трансформатори;
- г) сърцевини на бобини.

5. Металните магнитномеки материали се използват за изработването на: 1 т.

- а) магнитопроводи за работа в нискочестотни магнитни полета;
- б) магнитопроводи за работа във високочестотни магнитни полета;
- в) на постоянни магнити.

IV. КОНДЕНЗАТОРИ

1. Кондензаторите намират приложение: 3 т.

- а) за честотни и фазови коректори;
- б) за измерване на температури от -55°C до +1000°C;
- в) като блокиращи и разделителни елементи;
- г) за изграждане на трептящи кръгове
- д) като постоянни и променливи резистивни делители.

Въпросът може да има повече от един верен отговор.

2. Дайте дефиниция за променлив кондензатор. 4 т.



3. В зависимост от режима на работа кондензаторите се разделят на: 4 т.



4. Номиналното напрежение на кондензатора се дефинира: 1 т.

- а) не зависи от температурата;
- б) при която и да е температура от температурния обхват на съответната климатична категория;
- в) при строго определена температура.

5. Температурният коефициент на капацитета на кондензатора α_C се изчислява съгласно израза $\alpha_C = \dots$ и характеризира: 5 т.

- а) температурната стабилност на кондензатора;
- б) времевата стабилност на кондензатора;
- в) честотната стабилност на кондензатора.

Опишете параметрите във формулата и дайте дименсиите им.



6. За оценка на стабилността на кондензаторите във времето се използва:

- а) изменението на изолационното съпротивление във времето; 1 т.
- б) изменението на капацитета при промяна на температурата;
- в) изменението на капацитета във времето.

7. Начертайте и обяснете конструкцията на електролитен кондензатор. 6 т.



8. Оксидният слой в електролитните кондензатори може да е с малка дебелина поради това, че притежава: 1 т.

- а) голяма диелектрична проникваемост;
- б) голяма диелектрична якост;
- в) малки диелектрични загуби.

Класификация на материалите

1. Класификация според електрическите свойства:

- проводници – материали, които провеждат ел. ток;
- полупроводници – материали, които могат да провеждат или да не провеждат ток.
- диелектрици – материали, които не провеждат ел. ток;

* Признаци:

1) според широчината на забранената зона

- проводник – СЗ (свободна зона) – в нея има разрешени, но не заети енергийни нива; ВЗ (валентна зона) – енергийна зона, в която се намират всички валентни електрони; $\Delta W = 0$
- полупроводник – ЗЗ (Забранена зона) $= \Delta W$ – енергиен интервал между ВЗ и СЗ, в който няма разрешени енергийни нива. $\Delta W < 3\text{eV}$
- диелектрици - $\Delta W > 3\text{eV}$

2) стойност на специфичното съпротивление $\rho[\Omega]$: проводници α_s до $10^{-4}\rho$; полупроводници α_s от 10^{-4} до 10^8 , диелектрици - α_s над 10^8 .

2. Класификация според магнитните свойства: μ_r – относителна проницаемост на материала; $\mu_r < 1$ – диелектрици (немагнитни материали); $\mu_r > 1$ – парамагнетици (немагнитни); $\mu_r \gg 1$ – феромагнетици (магнитни).

Поляризация на диелектриците – видове, температурна зависимост.

I Основни определения

- голямо специфично съпротивление – не пропускат ел. ток и се използват като изолации;
- притежават способността да натрупват заряди;
- имат приложение в кондензаторите;

1. Относителна диелектрична проницаемост ϵ_r , $C_0 = \epsilon_0 \cdot S/d$, където C_0 – капацитет, d – разстоянието между електродите; S – площта на електродите; ϵ_0 – диелектрична константа (абсолютна диел. проницаемост); $C = \epsilon_r C_0 \rightarrow C = \epsilon_0 \cdot S/d$; $\epsilon_r = C/C_0 = QU/Q_0U = Q/Q_0$, където Q е натрупания заряд при наличие на диелектрик, а Q_0 – заряд когато няма диелектрик. $\epsilon_r > 1$ Процеса на изместване на свързаните в диелектрика заряди, под въздействие на външно ел. поле, се нарича **поляризация**.

2. Поляризация P : в следствие от поляризацията всяка градивна частица на диелектрика притежава електрически момент. $P = \epsilon_{pi}/V$, където V е обема на материала, p_i – диелектричен момент на частица на материала. Интензитетът на ел. поле E е индукцията: $D_0 = \epsilon_0 E$ – индукцията на полето във вакуум.; $D = \epsilon_r \epsilon_0 E$, $P = D - D_0 = \epsilon_0(\epsilon_r - 1)E = \epsilon_0 \epsilon_r E$, където ϵ_r – диелектрична възприемчивост.

3. Определения за поляризация:

- като състояние – състояние на диелектрика, което се характеризира с това, че електрическият момент на част от него е различен от 0;
- процес на изместване на еластично свързаните заряди в диелектрика.

II Видове поляризации:

1. Бързи поляризации (без загуби на енергия)

- електронна поляризация: среща се във всички диелектрици и представлява поляризация на самия атом. Изместване и деформиране на електронния облак на атома. $P_e = N \alpha_e E$; $\alpha_e = 4\pi \epsilon_0 R^3$, N – брой атоми, E – интензитет на полето; R – радиус на атома, α_e – поляризуемост на атома. ЕП е бърза поляризация без загуби на енергия (електроните се изместват на малки разстояния). Характерна е за всички материали. $P = N \alpha_e E = (\epsilon_r - 1)E$; $\epsilon_r = 1 + N \alpha_e / \epsilon_0$
- йонна поляризация: наблюдава се при йонни кристали. Изместванията са на малки разстояния – поляризацията е бърза и без загуби на енергия. $P_{\text{и}} = N \alpha_{\text{и}} E$, N – брой йони;

$\alpha_{\text{й}}$ -поляризуемост на йоните. $\alpha_{\text{й}}=q^2/K_{\text{ел}}$, q - заряд на йоните, k -коэффициент на еластичност.

2. Бавни поляризации (придружени със загуба на енергия)

- диполна поляризация – характерна за материали, в които не е приложено външно ел. поле, но частиците им са заредени. Материалите изградени от диполни молекули (полярни). Представлява ориентиране на диполните молекули по посока на полето. Поляризацията протича бавно, деполяризацията също. $\alpha_d = p_d^2 / 3kT$, p – електрически момент на дипол, k – константа на Болцман, T -температура по Келвин. Деполяризация: $N(t) = N_0 \exp(-t/\tau)$, N –брой на ориентирани диполи, след време t , след премахване на ел.поле, N_0 -брой на ориентираните диполи под въздействие на полето, τ -време за релаксация, $\tau=1/\omega_0$, ω_0 - температурните колебания на диполите по време на релаксация.
- структурна поляризация: при неефнородни диелектрици, в които има проводящи и непроводящи слоеве. При внасяна на ел. поле, ел. заряди се преместват и се натрупват по границите на тези слоеве. Така се образуват заряди с големи размери, които много бавно се поляризират.
- Спонтанна поляризация – нелинейна поляризация.

III Зависимост на ϵ_r от температурата:

ϵ_{re} – при стопяване или кипване на материала, неговия обем се увеличава, в следствие на което N намалява;

$\epsilon_{гй}$ – с повишаване на температурата, силата на връзките между йоните намалява и ϵ_r се увеличава;

$\epsilon_{гд}$ – наблюдаваме два процеса: 1) с увеличаване на температурата, отслабва силата на връзките на молекулите; 2) с увеличаване на температурата, се увеличава температурното движение на диполите, което пречи на поляризацията.

При газообразни диелектрици има минимална диелектрична проникваемост.

Поляризация на диелектриците при променливо електрическо поле.

1. Зависимост на ϵ_r от честотата на полето:

- комплексна диелектрична проникваемост - ϵ_r^*

$\epsilon_r^* = 1 + N\alpha^*$, $\alpha^* = \alpha_0 / (1 + j\omega\tau)$, α^* - комплексна поляризуемост на частиците; α_0 – поляризуемост при постоянно поле; ω – кръгова честота на полето;

$\epsilon_r^* = 1 + (N\alpha_0)/\epsilon_0(1 + \omega^2\tau^2) - j(N\alpha_0\omega\tau)/\epsilon_0(1 + \omega^2\tau^2)$.

имагинерната част определя честотната част на загубите. $\epsilon_r = 1 + (N\alpha_0)/\epsilon_0(1 + \omega^2\tau^2)$

1) когато $\omega \rightarrow 0 \rightarrow \epsilon_r \rightarrow 1 + (N\alpha_0)/\epsilon_0$; 2) $\omega \rightarrow \infty \rightarrow \epsilon_r \rightarrow 1 + (N\alpha_0)/\infty = 1$; 3) $\omega = \omega_0 = 1/\tau$; $\epsilon_r = 1 + (N\alpha_0)/2\epsilon_0$

2. Класификация на диелектриците:

1) според механизма на поляризация

- диелектрици с линейни поляризации, без загуби (електронна и йонна пол.);
- диелектрици с линейни поляризации, със загуби (диполна пол.);
- диелектрици с нелинейни поляризации (спонтанна пол.)

2) според строежа на диелектрика:

- неполярни материали – състоят се от неполярни молекули (полиетилен, въглероден диоксид.) /електронна пол./
- полярни диелектрици – полярни молекули – поливинилхлорид, вода /електронна и диполна пол./
- йонни съединения – неорганични материали, с йонна кристална решетка. Проявява се електронна и йонна пол.
- диелектрици със сложен състав – проявяват се всички видове поляризация.

Електропроводимост в диелектричните материали

Електропроводимостта на диелектриците се получава за сметка на поляризацията им и наличието на малко количество свободни заряди.

Електропроводимост при постоянно ел. поле: по време на поляризацията протича

електрически ток, който се нарича поляризационен ток или ток на изместване.

При прилагане на постоянно ел. поле поляризацията се осъществява еднократно и материалът остава поляризиран докато е под въздействие на полето.

Токът, получен от бързите поляризации $I_{б.пол}$ (електронна и йонна) протича за много кратко време (10^{-13} до 10^{-15} s) и трудно може да бъде регистриран. Токът от бавните поляризации, наричан още абсорбционен ток $I_{аб.}$, се регистрира в областта на намаляването му. Плътността на поляризационния ток $J_{пол}$. Се определя от скоростта на изменение на плътността на зарядите (индукцията): $J_{пол}=dD/dt \approx J_{аб.}$, където D е индукцията на ел. полето, t -времето, $J_{аб.}$ – плътността на абсорбционния ток.

Във всеки реален диелектрик има макар и малко свободни токоносители, т.е винаги протича малък ток от електропроводимост, наречен утечен ток $I_{ут}$. Колкото по-добри диелектрични свойства притежава даден материал, толкова утечния ток е по-малък.

$$I=I_{пол}+I_{ут}=I_{б.пол}+I_{аб.}+I_{ут}.$$

Много често вместо утечния ток като характеристика на електропроводимостта се използва *изолационно съпротивление* $R_{из}$: $R_{из}=U/(I-I_{пол})=U/I_{ут}$, където U е приложеното постоянно напрежение, I – общият ток, $I_{пол}$ - поляризационния ток през диелектрика.

Електропроводимост при променливо ел. поле: Ако приложеното ел. поле е променливо от вида $E=E_m \sin \omega t$, където E е интензитетът на полето, E_m - амплитудната стойност на интензитета на полето, ω – кръгова честота, t - времето; посоката на полето се изменя непрекъснато в такт с честотата. За поляризации без загуба на енергия, индукцията D следва интензитета на полето: $D=D_m \sin \omega t$, където D_m е амплитудната стойност на индукцията, а плътността на поляризационния ток $J_{пол}$ е $J_{пол}=dD/dt=D_m \omega \cos \omega t=J_m \cos \omega t$, където J_m - амплитудната стойност на плътността на тока. Поляризационния ток е $I_{пол}=J_{пол}S=D_m S \omega \cos \omega t=I_m \cos \omega t$, S – повърхнината на диелектрика; I_m -амплитудна стойност на поляризационния ток. При прилагане на променливо електрическо поле през диелектрика протича променлив поляризационен ток и променлив утечен ток: $I=I_{пол}+I_{ут}=I_m \cos \omega t + I_{ут.m} \sin \omega t$.

При поляризация със загуби, променливият ток е: $I_{пол}=I_m \cos(\omega t - \delta)$.

Електропроводимост на газообразни, течни и твърди диелектрични материали:

Ел. проводимостта на газовете при слаби електрически полета е много малка. Електропроводимостта на газовете се определя с помощта на волт-амперна характеристика. В първата област тя е линейна. Във втората област се наблюдава ток на насищане $I_{нас.}$ В третата област започва ударна йонизация (пробивът) на газа.

Електропроводимостта на течните диелектрици зависи от наличието на дисоциирани примеси, включително влага при неполярните, и дисоциирани собствени молекули при полярните материали. Тя има йонен характер. Полярните течности винаги имат повишена електропроводимост.

Електропроводимостта на твърдите диелектрици се обуславя от движението на собствени или примесени йони, а при някои материали и от свободни електрони. В материали с йонен строеж електропроводимостта се получава от йони, напуснали кристалната решетка поради топлинни колебания. В материали с атомна или молекулна кристална решетка ел.пров. се получава изключително от примесите.

Температурната зависимост на ел.пров. на диелектриците се определя от йонния характер на проводимостта или от необходимата енергия за дисоциация W_d и преместване $W_{пр}$ на йоните в структурата на материала. Специфична електропроводимост: $\sigma=nq\mu$, S/m , където q е заряда на токоносителя, n – броя на свободните токоносители в единица обем, m^{-3} , μ – подвижността на токоносителите $m^2/V.s$. В слаби електрически полета броят на свободните токоносители и подвижността не зависят от интензитета на полето, а от температурата по известна експоненциална зависимост: $n=n_0 \exp(-W_d/kT)$, където n_0 е броят на свободните токоносители при нормална температура на околната среда; W_d – енергията на дисоциация; k - константа на Болцман; T – температурата; $\mu=\mu_0 \exp(-W_{пр}/kT)$, където $W_{пр}$ - е енергия на преместване. $\sigma=n_0 q \mu_0 \exp(-(W_d+W_{пр}/kT))=A \exp(-b/T)$, където $A=n_0 q \mu_0$ и $b=W_d+W_{пр}/k$, са коефициенти зависещи от материала.

Загуби в диелектричните материали.

Загубите на енергия в диелектричните материали се обуславят от процесите, които настъпват в тях под въздействието на електрическо поле, основен от които е поляризацията. В постоянно ел. поле поляризацията се осъществява еднократно и необходимата енергия за това се изразходва също еднократно. В променливо ел. поле материалът се поляризира непрекъснато в такт с изменението на посоката на интензитета на полето (честотата). Загубите на енергия от поляризацията в променливо ел. поле нарастват значително, когато периодът на изменение на интензитета на полето стане съизмерим с необходимото време за установяване на поляризацията.

Диелектрични загуби - електрическа мощност, изразходвана за нагряването на диелектрика, когато той се намира в електрическо поле. Използва се ъгъла δ , наречен ъгъл на загубите. Той представлява ъгъла, допълващ до 90° фазовия ъгъл φ между тока и напрежението в капацитивна верига.

Паралелна еквивалентна схема: Активното съпротивление R е равно на диелектричните загуби. $\delta=90^\circ-\varphi$; $\operatorname{tg}\delta=I_R/I_C=U/R \cdot 1/U\omega C=1/\omega CR$, където C е капацитетът, а ω – кръговата честота на приложеното напрежение.

Активните загуби P в материала са: $P=UI_R=U^2/R=U^2\omega C\operatorname{tg}\delta$, W ;

Специфичните загуби P_v (загубите в единица обем): $P_v=P/V=(U^2\omega C\operatorname{tg}\delta)/Sd=E^2\omega\epsilon_0\epsilon_r$, W/m^3 , където $V=Sd$ е обемът на диелектричния образец. $C=\epsilon_0\epsilon_r S/d$ – капацитетът на образца.

Ако $R=1/\sigma \cdot S/d$ и $C=\epsilon_0\epsilon_r S/d \rightarrow \operatorname{tg}\delta=\sigma/\omega\epsilon_0\epsilon_r$, отношението на имажинерната към реалната част, т.е. $\operatorname{tg}\delta=\epsilon''_r/\epsilon'_r \rightarrow$ имажинерната част е: $\epsilon''_r=\epsilon'_r\operatorname{tg}\delta$ или $\epsilon'_r=\epsilon_r-j\epsilon_r\operatorname{tg}\delta$.

Поляризационни загуби: Релаксационните поляризации се придружават от загуба на енергия, и често се наричат релаксационни загуби. Наблюдават се само в променливо ел. поне и честотната им зависимост се описва от имажинерната част на комплексната диелектрична проницаемост. $\epsilon_r\operatorname{tg}\delta=(Nq_0\omega t)/[\epsilon_0(1+\omega^2\tau^2)]: 1)$ при $\omega \rightarrow 0$, $\epsilon_r\operatorname{tg}\delta \rightarrow 0$, но $\epsilon_r \rightarrow 1+Nq_0/\epsilon_0 \Rightarrow \operatorname{tg}\delta \rightarrow 0$; 2) при $\omega \rightarrow \infty$, $\epsilon_r\operatorname{tg}\delta \rightarrow 0$, но $\epsilon_r \rightarrow 1 \Rightarrow \operatorname{tg}\delta \rightarrow 0$; 3) при $\omega \rightarrow \omega_0(\omega_0=1/\tau)$, $\epsilon_r\operatorname{tg}\delta \rightarrow 0$, $\epsilon_r \rightarrow Nq_0/\epsilon_0$, но $\epsilon_r=1+Nq_0/\epsilon_0 \Rightarrow \operatorname{tg}\delta=Nq_0/2\epsilon_0+Nq_0$; При постоянно поле няма загуби от поляризация. При много високи честоти поляризацията не може да се осъществи и няма да има загуби от нея. Максималните загуби се получават, когато честотата на полето съвпада с честотата, определена от времето за релаксация. В полярните диелектрици се наблюдават по-бавни поляризации в сравнение с тези в неполярните, поради което максималните загуби се получават при по-ниски честоти. Температурната зависимост на $\operatorname{tg}\delta$ се определя от температурната зависимост на времето за релаксация τ . Времето за релаксация намалява при повишаване на температурата.

Загуби от електропроводимост: Тези загуби при добрите диелектрици са малки. Характеризират се с това, че не зависят от честотата. Изолационното съпротивление е омично (не зависи от честотата на полето). Активните загуби от електропроводимост: $P=U^2/R_{из}$, където U е напрежението, $R_{из}$ – изолационното съпротивление. Загубите от електропроводимост са основен вид диелектрични загуби в постоянно електрическо поле. Те са температурно зависими, защото изолационното съпротивление зависи от температурата. $R_{из}=1/\sigma \cdot d/S$, където σ – специфична електропроводимост на материала; d – дебелина на образца; S – сечение на образца. $R_{из}=1/A\exp(-b/T) \cdot d/S=A'\exp(b/T) \rightarrow$ изолационното съпротивление намалява по експоненциална крива при повишаване на температурата. $P=U^2/A'\exp(-b/T)$.

Йонизационни загуби: наблюдават се в газообразни или твърди диелектрици с газова фаза (порести). $P_{йон}=Bf(U-U_{йон})^3$, където B – коефициент, f – честотата на приложеното напрежение, U – приложеното напрежение, $U_{йон}$ – йонизационно напрежение; $U>U_{йон}$. При високи честоти йонизационните загуби в порестите материали могат да бъдат толкова големи, че да предизвикат недопустимо нагряване на материала.

Последователна еквивалентна схема: При тази схема активното съпротивление, еквивалентно на диелектричните загуби, е включено последователно на капацитетът. $\operatorname{tg}\delta=U_r/U_{Cs}=I_r/(I/\omega C_s)=\omega r C_s$ и $P=UI=I^2r=U^2r/[(1/\omega C_s)^2+r^2]=U^2\omega C_s\operatorname{tg}\delta/(1+\operatorname{tg}^2\delta)$, където C_s – капацитетът на диелектричния образец в последователна схема, r – еквивалентно загубно съпротивление. Диелектричните загуби в материалите се определят от структурата им и околните условия и не могат да зависят от субективния избор на еквивалентната схема. Задължително трябва да бъдат изпълнени условията: $(\operatorname{tg}\delta)_{пар}=(\operatorname{tg}\delta)_{посл}$ и $(P)_{пар}=(P)_{посл}$. $1/\omega CR=\omega C_s r$ и $U^2\omega C\operatorname{tg}\delta=(U^2\omega C_s\operatorname{tg}\delta)/(1+\operatorname{tg}^2\delta)$; $C=C_s/(1+\operatorname{tg}^2\delta)$ и $R=r(1+1/\operatorname{tg}^2\delta)$.

Пробив в диелектричните материали

Високото изолационно съпротивление на диелектричните материали се запазва до определена критична стойност на интензитета на електрическото поле. Ако интензитетът на полето превиши тази критична стойност, диелектрият изгубва диелектричните си свойства – това явление се нарича *пробив*. Напрежението, при което настъпва пробив, се нарича пробивно напрежение $U_{пр}$, а съответният интензитет на полето – диелектрична якост $E_{пр}$. $E_{пр}=U_{пр}/d$, V/m, където d е дебелината на образеца от диелектр. материал, m. Диелектричната якост на материалите зависи от структурата им, поради което механизмът на пробива се определя от агрегатното им състояние.

Пробив в газообразни диелектрици: Важна отличителна черта на пробива на газовете е неговата обратимост – след премахване на въздействието на електрическото поне газообразният диелектрик възстановява диелектричните си свойства. Пробивът в газовете зависи от това дали полето е еднородно или нееднородно. Нееднородното поле се характеризира със закривени силови линии в местата на нееднородност. Еднородно се смята полето между два безкрайно дълги успоредни електрода със заоблени краища. Енергията на заредените частици за еднородно поле: $W=Eq\lambda_{ср}$, където E – интензитет на полето, q – заряд на частицата, $\lambda_{ср}$ – дължината на средния и пробег. Пробивът на газовете зависи от налягането им. В нееднородно поле пробивното напрежение зависи от поляритета на приложеното напрежение. Силно нееднородно поле се създава между два електрода, единият от които е с форма на игла, а другият е плосък.

Пробив в течни диелектрици – Течните диелектрици имат значително по-висока диелектрична якост от газовете. Като най-важна причина за това се сочи значително по-голямата плътност на течностите, т.е. значително по-малка средна дължина на свободния пробег. В много чистите течни диелектрици пробивът може да се получи в резултат на избиване на електрони от металните електроди. В технически чистите течни диелектрици пробивът може да се получи в резултат на частични прегрявания в местата с примеси с повишена проводимост, кипване на течностите в тези места.

Пробив в твърди диелектрици – пробивът в твърдите диелектрици се осъществява по три механизма: електрически, топлинен и електрохимически. Това зависи от околните условия и структурата на материалите.

- **електрически пробив** – представлява чисто електронен процес и се развива за много кратко време (10^{-7} до 10^{-8} s). За да се наблюдава чисто електрически пробив, не трябва да има загуби от поляризация, йонизация на газове включвания и електропроводимост, с което се осигурява температурата на диелектрика да бъде еднаква с тази на околната среда. Има пробив ако електрическото поле и структурата на образеца се еднородни. Пробивното напрежение е линейна функция на дебелината на образеца. В диелектрици с нееднородна структура се наблюдават повече слаби места и вероятността за тяхното съществуване се увеличава с нарастване на дебелината на материала. Диелектричната якост е по-голяма при тънки образци, отколкото при дебели.
- **топлинен пробив** – получава се при нарастване на температурата на материала, когато той се намира в електрическо поле. Пробивът се характеризира не само с материала, но и с конструкцията. Пробивното напрежение зависи от честотата на полето, условията на топлоотдаване и околната температура. Отдадената топлина $P_{от}$ от диелектричния образец може да се оцени приблизително чрез формулата на Нютон $P_{от}=2hS(T-T_A)$, където h е коефициентът на топлопроводност в мястото на контакта електрод-диелектрик, S -повърхнината на диелектрика, T -температурата на диелектрика, T_A - температурата на околната среда.
- **електрохимически** – получава се в резултат на структурни изменения на материала, подложен на продължително въздействие на електрическо поле.

Физически свойства на диелектричните материали.

1. Влагоустойчивост – Водата представлява силно полярна течност с висока

диелектрична проницаемост ($\epsilon_r \approx 80$), големи диелектрични загуби ($\text{tg}\delta \approx 0,08$ при $f=1\text{MHz}$) и ниско изолационно съпротивление ($R_{\text{из}} \approx 10^3 - 10^4 \Omega\text{m}$). Присъствието на вода в структурата на диелектричните материали предизвиква рязко влошаване на електроизолационните им свойства. Една от важните характеристики на въздуха като среда за съществуване на електронните апаратури е неговата влажност. При температура $30-40^\circ\text{C}$ и относителна влажност на въздуха около 98% въздействието на влагата става много съществено. За оценка на поведението на материалите в среда с висока влажност се използват понятията хигроскопичност (способност да се овлажняват) и влагопроницаемост (способност да пропускат влага).

Образец от диелектричен материал, поставен при определени условия, след достатъчно дълго време придобива някаква равновесна влажност, която зависи от изходната влажност на материала и въздуха. Достигането може да стане по два начина – овлажняване и сушене. Полярните и неполярните диелектрици имат различна влажност при еднаква влажност на въздуха и еднаква порьозност на структурата им. Това е защото имат различна степен на умокряне. Полярните диелектрици се мокрят много повече от неполярните. *Хигроскопичността* на материалите зависи от структурата им и най-вече от размера на капилярите (порестите материали са по хигроскопични от тези с плътна структура). *Влагопроницаемостта* е важно свойство за материалите предназначени за защита от влиянието на околната среда.

2. Топлоустойчивост – свойството на материала да издържа въздействието на повишена температура за кратко време. Определя се от температурата, при която се получават недопустими изменения на параметрите. Топлоустойчивостта на органичните материали се определя от изменението на механичните им свойства, а на неорганичните – от изменението на електрическите им параметри ($\text{tg}\delta$ и $R_{\text{из}}$).

3. Студоустойчивост – способността на материала да издържа (без повреди и без изменение на механичните и електрическите параметри извън определени граници) въздействието на ниски температури. Електрическите параметри на материалите при ниски температури се подобряват, но голяма част от органичните материали влошават механичните си параметри – стават крехки и твърди.

4. Топлопроводността оказва влияние върху устойчивостта на материала на температурни цикли и върху диелектричната якост при топлинен пробив.

5. Коефициентът на топлопроводност ht – $ht = \Delta P_t / \Delta S \cdot dl / dT$, $\text{W/m}^\circ\text{C}$, където ΔP_t – мощността на топлинния поток през сечението ΔS . dT/dl – температурният градиент по дължината на образца. Коефициентът на топлопроводността на диелектричните материали е много по-малък от този на проводниковите материали. Ниската топлопроводност на въздуха е причина за ниската топлопроводност на порестите материали. Кристалните диелектрични материали имат по-висока топлопроводност от аморфните.

Въпрос №9: Основни свойства на материалите с електронна проводимост.

1. Физическа природа на ел. проводимост: структурата на метала е кристална решетка, във възлите, на която се намират атоми, а между тях се движат свободни електрони. Тези свободни електрони, при прилагане на външно ел. поле, извършват насочено движение, т.е. протича ел. ток.

а) Квантова статистика на електроните в метала – с увеличаване на температурата, се увеличава, вероятността електроните да заемат по-високи нива. Тази вероятност се подчинява на **разпределението на Ферми**. $P(W) = 1/[1 + \exp((W - W_F)/kT)]$, W – енергията на веригата, W_F – ниво на Ферми.

Ниво на Ферми: 1) $T = 0^\circ\text{K}$ -> най-високото заето енергетично ниво; 2) $T > 0^\circ\text{K}$ -> нивото, вероятността за заемането, на което е 0,5; $P(W_F) = 0,5$. Разпределението на Ферми е симетрично, т.е. заетите енергетични нива над нивото на Ферми, са точно толкова колкото

свободните под него.

б) Специфична електропроводимост – $\sigma = nq\mu$, n – концентрация на свободните електрони, $q=e$ – заряд на електрона, μ – подвижност на електроните $\rightarrow \mu = e\lambda_{cp}/2mV_T$, λ_{cp} – дължина на средния свободен пробег на електрона, V_T – топлинна скорост на електроните, m – маса на електрона. Различните метали имат различни електропроводимости, за сметка на различни подвижности на електроните.

2. Коефициент на токопроводимост α_T – Топлината в металите се предава чрез движение на свободните електрони. $\alpha_T = aT\sigma$, $W/m^\circ K$, a – флоренцово число.

3. Влияние на температурата върху електропроводимостта на металите: α – константа, която не се влияе от външни фактори. С увеличаване на темп. се увеличава концентрацията на свободните електрони. С увеличаване на темп. се увеличава амплитудата на трептене на възлите на крист. решетка $\rightarrow \lambda_{cp}$ намалява, намалява и μ . На практика, основни влияние оказва намаляването на подвижността.

$\rho = 1/\sigma$ специфично съпротивление. В работния температурен диапазон, специфичното съпротивление на чистите метали нараства линейно.

Относителен температурен коефициент на ρ : $\alpha_\rho = TK_\rho = d\rho/dT$, $^\circ K^{-1}$. Използвайки метода на линейна апроксимация за температурния коефициент $\alpha_\rho = \Delta\rho/\rho\Delta T = (\rho_T - \rho_A)/\rho_T(T - T_A)$, T_A – стайна температура. апроксимация = приближение. $\rho_T = \rho_A[1 + \alpha_\rho(T - T_A)]$

4. Зависимост на проводимостта на металите от примесите:

- примесните атоми, създават изкривявания в кристалната решетка на метала, поради което намалява подвижността на електроните, в следствие на което намалява и електропроводимостта.
- получаването на отрицателен температурен коефициент се дължи на това, че процесът на увеличаване на концентрацията, получава преобладаващо влиянието спрямо намаляването на подвижността. При подходящо отношение между двата метала, може да се получи сплав с $\alpha = 0$.

5. Константна потенциална разлика и термоелектродвижещо напрежение: За всеки материал е характерна отделителна работа. Това е енергията, необходима за електрона, за да напусне структурата на метала.

- При контакт на двата метала, електроните преминават от областите с по-високо ниво на Ферми (метал В), към тези с по-ниско (метал А). В следствие на това метал В обеднява (зарежда се с '+'), а метал А се обогатява (зарежда се с '-'). Получава се контактна потенциална разлика. $U_k \sim (W_{OA} - W_{OB}) \rightarrow$ пропорционална.
- Електроните ще се придвижват от по-топлия към по-студения край. Тази разлика се нарича термо ЕДН. Преминаването е с цел предаване на топлина между двата края на проводника. $\Delta U = U_k(T_2) - U_k(T_1)$.

Собствени полупроводници – основни свойства.

1. Общи сведения:

- полупроводниковите материали проявяват проводникови или диелектрични свойства, в зависимост от енергетичното им състояние. Тясната забранена зона е причина за това.
- собствени ПП – материали, които нямат примеси и дефекти в кристалната си решетка. Чистотата на ПП кристал се определя с брой примесни атоми в единица обем.
- ПП притежават кристална структура с ковалентна връзка: W_B – най-високото ниво на ВЗ, W_C – най-ниското ниво на СЗ. На мястото на електрона остава некомпенсиран положителен заряд (електронна дупка), чийто физически носител е ядрото на атома.
- *Генерация* – процеса на освобождаване на електрони и дупки. Този процес е обратим, като връщането на ел. в СЗ се нарича *рекомбинация*.

2. Разпределение на Ферми: $P(W) = 1/[1 + \exp((W - W_F)/kT)]$, W . В собствените ПП концентрацията на електроните и дупките е равна, т.е. разпределението на Ферми е симетрично, като нивото на Ферми се намира точно в средата на ЗЗ. $n_i = p_i = \sqrt{N_C N_V} \cdot \exp(-\Delta W/2kT)$, n_i – концентрация на свободни електрони в собствен ПП; p_i – концентрация на

дупките в собствените ПП; N_C – плътност на енергетичните състояния в СЗ, N_V – плътност на енергетичните състояния във ВЗ, ΔW – широчина на ЗЗ.

3. Собствена проводимост – под влияние на ел. поле, свободните електрони се движат в кристала и имаме N-проводимост.

- дупките се движат фиктивно, като валентните електрони от съседните ковалентни връзки заемат некомпенсираните положителни заряди (дупки). Тази проводимост е Р (positive). $\sigma_i = n_i e \mu_n + p_i e \mu_p = n_i e (\mu_n + \mu_p)$, μ_n – подвижност на електроните, μ_p – подвижност на дупките.

Примесни полупроводници – основни свойства. Температурна зависимост на примесна проводимост.

1. Видове примесни ПП: полупроводников материал, със значително количество строго контролирани примеси.

а) **Донорови** ПП: примеси, които увеличават електроните в СЗ. W_d – ниво на донорите, ΔW_d – енергията необходима електроните да станат свободни (енергията на йонизация на доноровите примеси). $\Delta W_d > \Delta W_d \rightarrow$ В доноровите ПП концентрацията на електрони е по-голяма от дупките ($n > p$). Доноровите ПП се наричат НПП.

б) **акцепторни** ПП (РПП) – имат акцепторни примеси, т.е. увеличават концентрацията на дупките във ВЗ. ΔW_A – енергията необходима за преминаване на електрони от ВЗ (енергия на йонизация). W_A – акцепторно ниво. $\Delta W_A < \Delta W$, $p > n$.

2. Разпределение на Ферми – разпределението за примесните ПП не е симетрично спрямо средата на забранената зона. За НПП нивото е изместено към СЗ, а за РПП към ВЗ. В примесните ПП имаме основни и неосновни токоносители. За НПП основни токоносители са електроните, а за РПП – дупките. Основните токоносители в НПП се дават с $n \approx \sqrt{N_d N_C} \cdot \exp(-\Delta W_d / 2kT)$; $p \approx \sqrt{N_A N_V} \cdot \exp(-\Delta W_A / 2kT)$. N_d – концентрация на донорните примеси, N_A – концентрация на акцепторните примеси.

3. Температурна зависимост на примесната проводимост – $\sigma = n e \mu_n + p e \mu_p$, за НПП $\rightarrow \sigma \approx n e \mu_n$, за РПП $\rightarrow \sigma \approx p e \mu_p$. Намаляването на проводимостта при повишаване на температурата в областта на изтощени примеси, се дължи на намаляването на подвижността на токоносителите.

Методи за определяне на типа на проводимостта на полупроводниците. Ефект на Хол.

Ефект на Хол – образецът от полупроводников материал от донорен тип е поставен в магнитно поле с индукция B_y и през него протича ток с плътност J_x . Под влияние на магнитното поле движещите се свободни заряди се отклоняват към една от страничните стени на образца и по този начин възниква напречно електродвижещо напрежение с интензитет E_z . Полученото поле с интензитет E_z се нарича поле на Хол и интензитетът се означава с $E_z = E_H$. Отклоняващата сила F_L , която въздейства върху движещите се свободни електрони, се нарича Лоренцова сила и се изчислява по израза $F_L = q B_y v_x = e B_y v_x$, където $q = e$ е зарядът на електрона, B_y – индукцията на магнитното поле, v_x – скоростта на движение на електроните. $v_x = E_x \mu_e$, μ_e – подвижността на електроните. $\rightarrow F_L = e B_y E_x \mu_e$. Силата F_L се уравновесява от силата $e E_H \rightarrow e B_y E_x \mu_e = e E_H$, $\mu_e = E_H / B_y E_x$. R_H – Коефициент на Хол $\rightarrow J_x = \sigma E_x = n e \mu_e E_x$, където $\sigma = n e \mu_e$ е специфичната проводимост, n – концентрацията на основните токоносители, μ_e – подвижността на електроните. $E_H = \mu_e B_y E_x = J_x / n e E_x \cdot B_y E_x = R_H J_x B$, където $R_H = 1 / n e$. За образец от Р-тип, за който E_H е насочен обратно в сравнение с образец от N-тип, коеф. На Хол $\rightarrow R_H = 1 / p e$. $R_H = E_H / B_y E_x$

Метод на горещата сонда – към едната страна на полупроводников образец с неизвестен тип на проводимостта контактува волфрамова игла, а към другата страна – плосък метален електрод. Иглата и електродът са свързани към галванометър, с който може да се отчете посоката и стойността на протичащия ток. Волфрамовата игла се загрева, в резултат на което се повишава температурата на една ограничена област около иглата. Повишената по този начин енергия в областта е достатъчна за преодоляване на ΔW_d или ΔW_a , т.е. независимо от типа на полупроводника в тази област се получават свободни токоносители. Благодарение на температурния градиент в полупроводниковия образец свободните токоносители дифундират към областта с по-ниска температура и в резултат на това за N-ти полупроводник областта около иглата обединява на електрони (зарежда се положително), а останалата част се обогатява (зарежда се отрицателно). За P-тип полупроводник е обратното. Поляритетът се отчита с галванометър.

Основни свойства на магнитните материали – намагнитване, магнитна проницаемост и хистерезисен цикъл.

Намагнитване – Индукцията B , създадена от магнитно поле с интензитет H във вакуум, се изчислява така: $B = \mu_0 H$, където $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ е абсолютна магнитна проницаемост на вакуума (магнитната константа). В материална среда: $B = \mu_0 \mu_r H = \mu H$, където $\mu = \mu_0 \mu_r$, μ_r – абсолютна магнитна проницаемост на материала. Магнитна поляризация: $J_M = B - \mu_0 H = \mu_0 \mu_r H - \mu_0 H$. Намагнитване на материала: $M = J_M / \mu_0 = (\mu_r - 1) H = k_r H$ [A/m], където $k_r = \mu_r - 1$ – магнитна възприемчивост на материала. $B = f(H)$. Намагнитването M може да се разглежда като магнитен момент на единица обем: $M = P_m / V$, Am^2/m^3 . Магнитният момент на атома се формира от спиновия магнитен момент на електроните, магнитният момент на ядрото и магнитният момент, създаден от орбиталното движение на електроните. Атомите и йоните с небалансирани спинови моменти на електроните имат магнитен момент, а тези с балансиращи (напълно запълнени орбити) – нямат магнитен момент. Съответните на това разделяне материали се наричат парамагнети и диамагнети. Магнитната възприемчивост на тези материали е близка до нула, като на диамагнетите е отрицателна, а на парамагнетите – положителна. Феромагнитите (магнитните материали) притежават спонтанно намагнитени области, наречени домени, т.е. притежават доменна структура. Домените са области, в които всички спинови моменти са еднопосочно ориентирани, поради което магнитният момент на областта е голям. Процесът на намагнитване е нелинеен. При кривата на първоначално намагнитване се разграничават 5 области: I. Област на начално намагнитване – началното намагнитване се получава при много слаби полета; за него е характерно еластичното изместване на границите на домените, което означава, че процесът е обратим. II. Област на Релей – тази област се получава в по-широк обхват от слаби полета; изместването на границите на домените е все още еластично и процесът е обратим; намагнитването се изменя незначително. III. Област на най-големи диференциални магнитни проницаемости – изместванията на границите на домените са необратими, намагнитването рязко нараства и магнитната проницаемост нараства скокообразно. Процесът на намагнитване е необратим. IV. Област на ориентиране на магнитните моменти по посока на полето – намагнитването нараства по-слабо в сравнение с III област. V. Област на насищане – тази област се достига при много силни магнитни полета; увеличаването на намагнитването е незначително (процесът е приключил) и индукцията в материала асимптотично се приближава до граничната стойност, известна като *индукция на насищане*.

Магнитна проницаемост – мярка на процеса намагнитване или по-точно мярка за изменението на състоянието на намагнитване. Диференциална магнитна проницаемост

$\mu_{rd} = dB/\mu_0 dH$. Има две характерни стойности: в областта на слабите полета – начална магнитна проницаемост μ_{ri} , и в областта на най-голямо намагнитване – максимална магнитна проницаемост μ_{rmax} . В променливото магнитно поле се използва *амплитудната магнитна проницаемост* μ_{ra} . $\mu_{ra} = B_m/\mu_0 H_m$. При работа в импулсни магнитно поле се използва *импулсната магнитна проницаемост* μ_{rrev} . $\mu_{rrev} = \Delta B/\mu_0 \Delta H$, където ΔB е изменението на индукцията.

Хистерезисен цикъл – след I и II втора област, процесът на намагнитване става необратим и в резултат на това се получава известният хистерезисен цикъл. Първоначално процесът на намагнитване се осъществява еднократно по кривата на първоначално намагнитване, а при по-нататъшно изменение на интензитета на променливото магнитно поле – по хистерезисния цикъл. Цикълът е важна характеристика на магнитните материали. Чрез него се дефинират няколко важни параметъра: индукция на насищане B_s , остатъчна индукция B_r и коерцитивен интензитет H_c . Те важат само за граничния хистерезисен цикъл, при който е достигната индукцията на насищане B_s . По-нататъшното увеличаване на интензитета на полето не предизвиква описването на нов хистерезисен цикъл.

Полимерни диелектрични материали – видове, свойства и приложение.

1. Високочестотни полимери – неполярни и слабо полярни (притежават симетрична структурна формула).

Основни параметри – малки диелектрични загуби $tg\delta$ (следователно могат да работят до високи честоти) и малка диелектрична проницаемост ϵ_r (следователно могат да се използват като изолация и по-рядко за кондензатори с малки капацитети).

Приложение – Високочестотна изолация (кабелна).

Представители – полиетилен, полипропилен, полистирол, тефлон.

Тефлонът (политетрафлуоретилен) има отлични електрически и физически свойства, които се запазват до високи честоти и в широк температурен диапазон. Това се дължи на химическата инертност на F атоми и симетричната му структурна формула.

2. Нискочестотни полимери – полярни (притежават симетрична структурна формула).

Основни параметри – големи диелектрични загуби $tg\delta$ (не могат да работят до високи честоти) и относително по-голяма диелектрична проницаемост $\epsilon_r \approx 3$ (могат да се използват и като изолация и за кондензатори).

Приложение – кондензатори и нискочестотна изолация.

Представители – поливинилхлорид, поликарбонат.

Електроизолационни компаунди и лакове.

1. Компаунди – маса за заливане на елементи и схеми с цел защита от околната среда (основно от повишена влажност на средата). Служат основно за корпусиране.

Основни изисквания – голямо изолационно съпротивление $R_{из}$, малки диелектрични загуби $tg\delta$, малка диелектрична проницаемост ϵ_r , влагопроницаемост, голяма механична якост. Получават се органични смоли (полимери), втвърдители и допълнителни вещества.

2. Електроизолационни лакове – Представяват полимерен материал, разтворен в разтворител, който се изпарява след нанасяне на лака. Служат основно за климатична защита.

Основните изисквания са голямо изолационно съпротивление $R_{из}$, малки диелектрични загуби $tg\delta$, малка диелектрична проницаемост ϵ_r , влагопроницаемост, адхезия,

възможност за нанасяне на тънък слой, гъвкавост.

Според приложението си лаковете биват: с общо предназначение (полиуретанови и епоксидни); с повишена топлоустойчивост (силиконови); с малки диелектрични загуби (полистиролни).

Неорганични диелектрични материали – видове, свойства и приложение.

1. Керамики – притежават три структурни фази:

- кристална – определя електрическите и механичните свойства на керамиката ($\text{tg}\delta$, ϵ_r , механична якост);
- аморфна – свързва кристалната фаза и определя технологичните свойства на керамиката (температура на изпичане, степен на свиване);
- газова – получава се в следствие на технологията и като цяло влошава параметрите на керамиката.

1.1. Изолаторни керамики 0 имат малка диелектрична проникваемост ϵ_r (≈ 3 до 12) и се използват за изолатори (тела на резистори и бобини, подложки на хибридни интегрални схеми и др.).

В състава им участват основно Al_2O_3 и SiO_2 . Представители са радиопорцелана, стеатитова, алуминооксидна, берилиевооксидна.

1.2. Кондензаторни керамики – имат голяма диелектрична проникваемост (≈ 20 до 200) и се използват за кондензатори. В състава им участват основно TiO_2 и SiO_2 . Представители са рутилова, титано-циркониева, станатна, петровскитова.

2. Стъкла – квазиаморфни вещества, които представляват система от различни оксиди: стъклообразуващи (SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5), примесни (Na_2O , K_2O) – влошават електрическите свойства на стъклото и допълнителни (BaO , PbO).

Видове – безалкални (минимално количество примеси и с отлични електрически свойства, но лоша технологичност), алкални без тежки оксиди (наличието на Na_2O и K_2O рязко влошава електрическите свойства), алкални с тежки оксиди (тежките оксиди донякъде компенсират лошото влияние на алкалните примеси). Приложение – изолатори, кондензатори, балони на електро-вакуумни лампи, оптически прибори.

Метали и сплави с висока проводимост. Благородни метали.

1. Мед (Cu). Основни свойства – малко специфично съпротивление ρ , добра технологичност (лесно се изтегля на тънки проводници и листове), запояване при ниска температура, добра корозоустойчивост, ниска цена. Приложения – проводници, за фолио (метализация) на печатни платки.

2. Алуминий (Al). Малко специфично съпротивление ρ , малко тегло; голяма топлопроводност; много бързо се оксидира и се покрива с тънък слой Al_2O_3 , който притежава отлични диелектрични и механични свойства (от една страна този слой предпазва метала от корозия, но от друга много затруднява запояването на Al); Al е вентилен метал. Използва се за електролитни кондензатори и радиатори.

3. Благородни метали (Ag, Au, Pt, Pd). Изключителна корозоустойчивост, но висока цена. Използват се за бондиране на интегрални схеми (много тънки проводници, които свързват изводите на схемата с изводите на корпуса), в химически активни среди.

Припои и флюсове. Метали и сплави за контакти и термо-двойки. Сплави с високо съпротивление.

1. Припои и флюсове – Припоите са сплави, които се използват за запояване (създаване на механически здрав шев и/или електрически контакт с малко контактно съпротивление). Основни изисквания са ниска температура на топене T_T , галванична

съвместимост със спояваните метали, голяма механична якост, добра корозоустойчивост, малко специфично съпротивление ρ , ниска цена. До скоро най-разпространени припои бяха калаено-оловните сплави. Все по-широко навлиза използването на безоловни припои – сплави на калай, сребро и мед.

Флюсовете са материали, които осигуряват доброто умокряне на спояваните метали, отделяне на оксидния слой от повърхността им, защита от оксидиране по време на запояване и др. Производителите на различните припои препоръчват и най-подходящите флюсове, като най-разпространени са колофонните флюсове.

2. Метали и сплави за контакти и термо-двойки. Основни изисквания са малко механично износване, висока температура на топене T_T (да не се запои контакта), добра корозоустойчивост, малко специфично съпротивление ρ , голяма химическа устойчивост и др. В състава им влизат основно метали с висока температура на топене T_T като W, Mo, Cr, Cd. Основни изисквания към материалите за термо-двойки са да имат голяма стойност на термо ЕДН, висока температурна стабилност на параметрите. Представители: константан, мед и Pt.

3. Сплави с високо съпротивление.

- резистивни сплави – използват се за изготвяне на токопроводещия елемент на резистори. Основни изисквания: голямо специфично съпротивление ρ , добра технологичност, малка стойност на термо ЕДН основно спрямо Cu (обикновено от Cu са изготвени изводите на резистора), висока температурна стабилност на параметрите им (основно малък температурен коефициент на специфично съпротивление α_ρ). Представители: манганин, константан, сплави на благородни метали.

- топлоустойчиви сплави – използват се за изготвяне на нагреватели. Основни изисквания: голяма работна температура, при която да образуват стабилен оксид. Представители са най-разпространени са Cr-Ni сплави (нихром).

Полупроводникови материали – прости полупроводници и полупроводникови химически съединения.

1. Основни полупроводникови материали:

- Силиций (Si) – Основни параметри и свойства – относително широка забранена зона $\Delta W=1,12\text{eV}$ (това определя високата му работна температура), малка подвижност на електроните $\mu_n=0,14\text{m}^2/\text{V.s}$ (което ограничава използването му при високи честоти), висока температура на топене $T_T=1414^\circ\text{C}$ (трудно се получава и пречиства), образува стабилен оксид SiO_2 с отлични диелектрични свойства (това свойство е в основата на планарно-епитаксиалната технология за изготвяне на интегрални схеми). Приложения – интегрални схеми, фотоприбори, слънчеви елементи.
- Германий (Ge) – Относително тясна забранена зона $\Delta W=0,72\text{eV}$ (ниска работна температура), голяма подвижност на електроните $\mu_n=0,39\text{m}^2/\text{V.s}$ (работи до високи честоти), ниска температура на топене $T_T=936^\circ\text{C}$ (лесна технологичност), образува аморфен оксид GeO_2 , който е разтворим дори във вода (много трудно може да се използва за интегрални схеми). Приложение – високо честотни полупроводникови дискретни елементи (диоди, транзистори), преобразуватели на Хол и др.

2. Полупроводникови химически съединения:

- Полупроводникови материали от типа $A^{III}B^V$ (индексът с римска цифра представлява валентната група на съответния елемент). За елемента A^{II} се използват Al, Ga и In, а за B^V – P, As и Sb. Класифицират се по металоодния елемент, т.е. фосфиди (AlP, GaP, InP), арсениди (AlAs, GaAs, InAs) и антимониди (AlSb, GaSb, InSb). Типичен представител е (галиев арсенид), чиито основни свойства са относително широка забранена зона, голяма подвижност на електроните. Основното му приложение е за високочестотни схеми и прибори.
- Полупроводникови материали от типа $A^{II}B^{VI}$. За елемента A^{II} се използват Zn, Cd, Hg, а

за B^{VI} – S, Se, Te. Те също се класифицират по металоодния елемент, т.е. сулфиди, селениди и телуриди. Основните им приложения са за фотоприбори и полупроводникови лазери.

Методи за обработка на полупроводниковите материали.

Най-широко разпространени са методите чрез изтегляне на монокристал от стопилка (метод на Чохралски), зонно топене и безтиглово зонно топене.

Метод за изтегляне на монокристал от стопилка – бавно изтегляне на ос, на чийто край е закрепен монокристален зародиш от стопилката. По този начин стопилката започва бавно да кристализира върху монокристалния зародиш, който извършва въртливо движение по време на изтеглянето. Скоростта на кристализация се регулира чрез температурата на стопилката и количеството изгубена топлина вследствие на топлопроводността на кристала и по оста на излъчването от повърхността на стопилката. Скоростта на изтегляне и въртене определя диаметъра на кристала.

При **метода на зонното топене** чрез ултразвуково нагряване се оформя тясна зона от стопилка, която се придвижва бавно по дължината на слитъка от полупроводников материал. Така по посока на движението се получава разтопяване на материала, а в края на разтопената зона започва кристализацията. При постепенната кристализация материалът се пречиства. Чистотата след еднократна процедура зависи от концентрацията на примесите и няма да е еднаква по дължината на слитъка. Процесът се повтаря няколко пъти до постигането на необходимата чистота и разпределение на примесите по дължината на кристала. Скоростта на движение на разтопената зона е в границите от 15-20 $\mu\text{m/s}$.

Безтигловото зонно топене е специално разработен метод за обработка на силиций. При температура на топене силицийт е силно активен и независимо от материала на ладията се получава допълнително замърсяване на по време на топенето. Кварцовият слитък е разположен вертикално и е закрепен чрез кварцови държатели. Върху единия държател е поставен кристален зародиш. Чрез ултразвуково нагряване се създава разтопена зона. Методът осигурява получаването на кристали с максимална чистота, а като недостатък – невъзможността да се получават кристали с по-големи диаметри. Кристализацията по описаните методи се извършва във вакуум или инертна атмосфера.

Магнитномеки метали и сплави – видове, свойства и приложение.

Основни свойства: голяма магнитна проводимост μ_r , малък коерцитивен интензитет H_c , голяма индукция на насищане B_s , малко специфично съпротивление ρ , големи загуби от вихрови токове (могат да се използват само в нискочестотни или постоянни магнитни полета).

Видове: **Желязо (Fe)** – основен компонент на повечето магнитни материали и сплави, но като всеки метал има малко специфично съпротивление ρ , което води до големи загуби от вихрови токове и силно ограничава приложението му при променливи магнитни полета.

Електротехническа листова стомана – стомана легирана с Si. За намаляване на загубите от вихрови токове повърхността на стоманата се лакира (за повишаване на ρ), и се намалява нейната дебелина. Поради ниската си цена основно приложение намира за магнитопроводи за мрежови трансформатори (ниска честота 50Hz).

Магнитнотвърди материали – видове, свойства и приложение.

Основни свойства: голяма енергия на размагнитване (запазват дълго време намагнитеното си състояние), голям коерцитивен интензитет H_c , голяма остатъчна индукция B_r . Приложения – постоянни магнити. Представители – сплави от типа ални (Al, Ni, Fe) и алнико (Al, Ni, Co, Fe), бариеви и стронциеви ферити.

Резистори – параметри.

1. Номинална стойност – тази, която резисторът може да разсейва, при определени условия – P_N . Резисторът трябва да не променя основните си параметри извън определени граници. $P_N = hS(T_{Rmax} - T_N)$, h – коефициент на топлопроводност, S – площ, през която се извършва топлоотдаването, T_{Rmax} – максималната допустима T на резистора. Определя се от материала с най-малка топлоустойчивост и с температура $>$ от нея, резисторът не може да работи, T_N – номинална температура. Дефинира се като най-високата темп. На околната среда, при която резисторът може да разсейва номинална стойност.

- $T_A < T_N$ – резисторът разсейва P_N .

- $T_N < T_A < T_R$ – може да разсейва мощност по-малка от номиналната;

- $T_A > T_N$ – не може да работи.

2. α_r – температурен коефициент на съпротивление. $\alpha_r = dR/RdT$; $\alpha_r = \alpha_p + \alpha_e - \alpha_s$, α_e – температурен коефициент на линейното разширяване на материала, α_s – темп. коефициент на обемното разширение на материала. $\alpha_r \approx \alpha_p$

3. Гранично работно напрежение V_{rp} – най-високото променливо напрежение, което може да бъде приложено на изводите на резистора. За нискоомни резистори напрежението се определя от номиналната мощност. За високоомни резистори, се определя и от възможността за пробив в диелектричните материали, използвани в конструкцията.

4. Ниво на шума – отношението на шумовото напрежение възникващо в резистора към напрежението приложено в неговите изводи. U_m/U , $[\mu V/V]$

5. Стабилност на резистора – с този параметър се оценява промяната на номиналните параметри на резистора с течение на времето. Основен фактор е стареенето на материалите.

6. Собствена индуктивност L_R – зависи от дължината на изводите и от броя на навивките при жичните резистори; собствен капацитет C_R – определя се от диелектричната проникваемост на изолацията и от размерите на резистора.

7. В зависимост от конструкцията на токопроводящия елемент, резисторите биват слоеви (слойни), обемни и жични.

8. Обобщен признак – според конструкцията и материала на токопров. Елемент биват въглеродослойни, металослойни, металооксидни, композиционни, полупроводникови.

Жични, слойни и композиционни резистори - свойства.

Металослойни резистори – токопровеждащият слой се изпълнява от метални сплави чрез вакуумно изпарение или катодно разпрашване. Температурният коефициент на съпротивлението на металослойните резистори е в границите от $\pm 25 \cdot 10^{-6}$ до $\pm 250 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Резистори, в които токопровеждащият слой е от метален оксид вместо метална сплав, се наричат металооксидни. Те имат по-висока топлинна и химическа устойчивост, по-ниско ниво на шума и малко размери в сравнение с металослойните.

Композиционни резистори – при тях материалът на токопровеждащия елемент е композиция от проводникови и диелектрични материали. Композиционните резистори се произвеждат като слойни и обемни. Материалът, от който се изгражда токопров. Елемент на слойните резистори, представлява композиция от проводников материал, свързващ материал и пълнител. Проводниковият материал е прахообразен графит и сажда с голяма дисперсност. Като свързващи материали се използват маслени лакове на основа алкидни смоли. Пълнителите са неорганични материали, с които се подобрява топлоустойчивостта, влагоустойчивостта, механичната якост и устойчивостта на износване на композицията. Пълнителят заема 30% от обема. Недостатъци: по-високо ниво на шума и по-малка стабилност. Използват се като високоомни резистори. Токопров. елемент на обемните резистори се изготвя чрез пресуване на прахообразна композиция. Като свързващ материал се използва термореактивна смола. Пълнителят е 50-60% от обема на композицията.

Жични резистори – Токопров. елемент се изпълнява от неизолирани или изолирани проводници от сплави с голямо специфично съпротивление – обикновено константан, манганин. Свойства: висока точност и сравнително малък темп. коефициент на съпротивлението; много високо ниво на шума; най-висока устойчивост на импулсно претоварване; висока стабилност във времето; възможност за получаване на малки стойности на номиналното съпротивление. Номинално съпротивление при тези резистори от 0,1Ω до 100kΩ, номинална мощност от 3W до 100W, максимална допустима температура 400°C.

Кондензатори – параметри.

I. Основни свойства:

- да не пропускат постоянен, а да пропускат променлив ток.
- имат способността да натрупват ел. заряд; да съхраняват енергия.
- със индуктивност образуват трептящи кръгове.

1. По характер на изменение на капацитета, биват постоянни (не може да им се променя капацитета) и променливи (може да им се променя капацитета).

2. Според вида на диелектрика:

- с газообразен диелектрик (въздушни и вакумни)
- с течен диелектрик;
- с твърд органичен диелектрик;
- с твърд неорганичен диелектрик (керамични, стъклени);
- с оксиден диелектрик (електролити).

3. Според режима на работа:

- по работно напрежение (нисковолтови и високоволтови);
- според честотен обхват (постоянно напрежение, с промишлена честота (50Hz), нискочестотни, високочестотни).

II. Параметри и свойства на кондензаторите

1. Номинален капацитет: $C_N = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot S/d$, F.

2. Номиналното напрежение $U_N \rightarrow$ постоянно напрежение или е ефективна стойност на променливото синусоидално напрежение, което може да бъде приложено непрекъснато между изводите на кондензатора при всяко работно темпо.

3. Изпитвателно напрежение $U_{изп} \rightarrow$ напрежението приложено между изводите или между изводите свързани на късо и корпуса, което кондензатора може да извърши за кратко време (няколко секунди). Граничен параметър.

4. Температурен коефициент на капацитета: $a_c = dC/CdT$, $^{\circ}C^{-1}$. $a_c \approx \epsilon_r$. За кондензатори с линейна зависимост, за оценка на температурната стабилност се използва $a_c = (C_2 - C_1)/C_3(T_2 - T_1)$. C_3 – при стайна темп. 20°, C_2 – при темп. T_2 . За кондензатори с нелинейна зависимост, за оценка се използва $C/C_{20^{\circ}C} = f(T)$.

5. Изолационно съпротивление $R_{из}$ – съпротивлението между изводите на кондензатора, измерено при определено постоянно напрежение, след като процесите на поляризация на диелектрика са приключили.

6. Време константа $\tau = C_N R_{из}$. – Характеризира свойството на кондензатора да се саморазрежда.

7. Коефициент на загубите $\tan \delta$ – загубите на енергия на входа на кондензатора се дължат на загуби на поляризация. Най-малко загуби в металните електроди.

8. Обобщена еквивалентна схема на кондензатора – Собствената индуктивност на C зависи от дължината на изводите \rightarrow колкото по-къси са те, на толкова по-високи честоти може да се използва.

9. Стабилност на кондензатора – оценява се как параметрите на C се променят с течение на времето.

Кондензатори с ограничен диелектрик – видове и свойства.

За производството на кондензатори се използват полимерни диелектрици, които могат да се изтеглят на тънки ленти. Основни изисквания са:

- да имат голяма диелектрична якост, $E_{пр}$
- малки загуби, $\tan \delta$
- големи диелектрични прониктаемости, ϵ_r
- голяма механична якост.

Кондензатори с неограничен диелектрик – видове и свойства.

- Изработват се основно от кондензаторни керамики. Имат голяма диелектрична прониктаемость;
- Дискови керамични кондензатори;
- Призматични кондензатори;
- Слоести кондензатори;

Керамичните кондензатори се разделят на 2 класа: клас I с линейна темп. зависимост на капацитета, клас II с нелинейна темп. зависимост, диел. Прониктаемость по-голяма от клас I. $\epsilon_r > 250$.

Електронни кондензатори – особености, видове и свойства

1. Конструкция – за изясняване на вентилните свойства на Al се използва т.нар. електролитна клетка. Al е вентилен метал, тъй като при посочения поляритет, електролитната клетка не провежда ток, докато при обратен поляритет оксидния слой се разрушава и клетката пропуска ток.

2. Особенности:

- полярни кондензатори – при подаване на напрежение в обратна посока, кондензатора се разрушава;
- има много големи C_N ;

1. Дефиниция за диелектрични загуби - електрическа мощност, изразходвана за нагряването на диелектрика, когато той се намира в ел. поле.

2. Величината тангенс на ъгъла на диелектричните загуби $\tan \delta$ отразява загубите на енергия, появили се в резултат от въздействието на променливо електрическо поле.

3. Кой от изброените процеси, протичащ в диелектричните материали под влияние на електрическото поле, не е придружен от загуби на енергия - бързи поляризации.

4. Специфичните загуби P_V в диелектричен материал се

изчисляват чрез изрази:

$$\text{а) } P_V = \frac{P}{V} = \frac{U^2 \omega C \tan \delta}{Sd} = E^2 \omega \epsilon_0 \epsilon_r \tan \delta, \text{ W/m}^3;$$

5. С тангенса на ъгъла на диелектричните загуби се оценяват-релаксационните загуби.

6. Температурната зависимост на $\tan \delta$ се определя от температурната зависимост на - времето за релаксация t .

7. Времето на релаксация.. – намалява при повишаване на температурата

8. Активните загуби от електропроводимост P се изчисляват по изрази:

9. Йонизационните загуби могат да се определят от изрази:

$$\text{а) } I_{\text{ион}} = A_1 J (U - U_{\text{ион}});$$

10. Проводниковите материали с електрична проводимост се наричат още - проводници от I род.

11. Обяснете строежа на металите и произхода на колективните електрони - Структурата на металите се характеризира с кристална решетка във възлите, на които са разположени положителни метални йони и колективни електрони, т.е. с наличието на метални връзки ка. Ел. са всъщност свободни електрони които могат да се движат насочено в междувъзл. пространство.

12. Подвижността на електроните в металите може да се изчисли от изрази:

$$\mu = \frac{e N_{\text{ср}}}{2 m v_T},$$

13. Вероятността за заемане на енергично ниво се описва от разпределението на Ферми по формулата:

$$P(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W - W_F}{kT}\right)},$$

14. При увеличаване на концентрацията на премесите в металите-специфичното им съпротивление ρ се увеличава

15. При контакт между два метала с различно ниво на Ферми започва преминаването на електрони от - метала с по-високо ниво на Ферми към метала с по-ниско ниво на Ферми

16. Термо-електродвижещото напрежение се нарича потенциалната разлика възникнала поради-разлика в

температурата в двата края на метален проводник.

17. Чистотата на полупроводниковите материали се измерва с-
брой на премесните атоми на единица обем

18. Методът за изтегляне на монокристал от стопилка (метод на
Чехралски) се използва за получаване на монокристали-от
различни полупроводникови материали.

19. Кой от изброените електронни градивни елементи са активни-
транзистори, тиристори.

20. Дайте дефиниция за променлив кондензатор-Кондензатори
чийто капацитет може да се изменя по време на експлоатацията
им.

21. Време константата на кондензатора се изчислява по израза:

22. Основната особеност на електролитните кондензатори е в
това, че те притежават-много голям специфичен капацитет.

23. Като диелектрик в електролитните кондензатори се използва-
оксиди на вентилните метали (Al, Ta, Nb).

24. Температурният коефициент на специфичното съпротивление
на полупроводниците α_R е-отрицателен

25. Чрез ефектът на Хол може да се определи - само топа на
проводимостта.

26. Магнитните материали се разделят на магнитно меки и
магнитно твърди в зависимост от-магнитната енергия.

27. Избройте няколко представителя на магнитно меки
материали-листова стомана, алсифер, ферити.

28. Феритите представляват-смес от метални оксиди.

29. Феритите са високочестотни магнитни материали защото-имат
високо специфично съпротивление.

30. Феритите с правоъгълен хистерезисен цикъл се използват за-
магнитни памет

31. Дайте дефиниция за постоянен резистор - резистор чийто

32. За изработването на токопроводещия елемент на резистора
се използват-метали, сплави и метални оксиди,
полупроводникови и композиционни материали.

33. Съпротивлението на всеки резистор зависи-от геометричните
размери и свойствата на материала на токопроводещия
елемент.

34. За нискоомни резистори граничното работно напрежение се
определя от-допустимото нагряване на резистора и от
номиналната мощност P_n .

35. Собственият капацитет на резисторите C_r зависи от-
геометричните размери на резистора, диелектричната
проницаемост на изолационната основа и защитното покритие.

36. Параметрите, характерни предимно за фоторезисторите са-
спектрална характеристика, съпротивление на тъмно,
съпротивление на светло.

37. Ако се приложи електрическо поле между два паралелни
електрода във вакуум то-върху тях ще се натрупа електрически
заряд.

38. Йонната поляризация се получава в резултат на-противоположно изменение на положителните и отрицателните йони.

39. Поляризуемостта на структурата при йонна поляризация се

$$\alpha_e = \frac{q^2}{k_{el}}.$$

дава с изрази:

40. След установяване на всички видове поляризации, поляризационният ток-става равен на нула.

41. Връзката между утечния ток и изолационното съпротивление на диелектрик се дава с изрази:

$$R_{из} = \frac{1}{I_{ут}}$$

42. Изолационното съпротивление на диелектрика е омично по своята природа т.е.-не зависи от времето и честотата на приложеното напрежение.

43. Ако диелектрик без загуба поставен между два електрода (идеален кондензатор) се включи в електрическа верига то той ще-ограничава протичането на постоянен, но не и на променлив ток.

44. Проводимостта на твърди диелектрици с йонна структура се обуславя основно от-движение на собствени йони.

45. Кои течности имат най-висока проводимост-силно полярните.

46. Индукцията В, създадена от магнитното поле с интензитет Н във вакуум, се изчислява съгласно изрази:

$$B = \mu_0 H$$

47. Домените са области в които-всички спиновы магнитни моменти са еднородно ориентирани, поради което магнитният момент на областта е голяма.

48. При прилагане на външно магнитно поле с малък интензитет в магнитния материал-започва увеличаване на размерите на домените, които имат магнитен момент съдържащ остър ъгъл с посоката на полето.

49. Избройте трите вида загуби в магнитните материали-загуби от хистерезис, загуби от вихрови токове

50. Тангенсът на ъгъла на магнитните загуби $\tan \delta$ се определя от

$$\tan \delta_M = \frac{\mu_r''}{\mu_r'}$$

изрази:

51. Температурата на Кюри е тази-над която материалите губят доменната си структура.

52. Магнитнотвърдите материали имат голяма магнитна енергия, поради което-запазват намагнитеното си състояние дълго време.

53. Алюминиевото фолио не се използва като проводник в печатните платки въпреки някои предимства пред медното

фолио, защото-трудно се запоява и има условие за контактна корозия.

54.Базовите меки припои намират по-голямо проложени от оловните поради-законодателна забрана за използване на оловото в електронното производство.

55.Основното свойство на благородните метали, определящо приложението им в електронните апаратури е-има ниско специфично съпротивление.

56.Основните изисквания към резистивните сплави са-голямата стойност на специфичното им съпротивление,стабилност на параметрите във времето,малко термо е. д. н. спрямо медта.

57.Кои от изброените електронни градивни елементи са пасивни-резистори,кондензатори,диодии,бобини.

58.Кондензаторите намират приложение-за честотни и фазови коректори, като блокиращи и разделителни елементи, за изграждане на трептящи кръгове,като постоянни и променливи резистивни делители.

59.Капацитетът на всеки кондензатор зависи-от геометричните размери и от диелектричната проницаемост на диелектрика между електродите.

60.Изпитвателно напрежение на кондензатора е винаги-по-малко от номиналното напрежение.

61.Параметрите, типични за електролитните кондензатори са-пулсиращ ток, утечен ток.

62.Оксидният слой в електролитните кондензатори може да е с малка дебелина поради това че притежава-голяма диелектрична якост.

63.Основните токоносители в акцепторните полупроводници са дупки а неосновните са електрони.

64.Броят на свободните електрони n при собствените полупроводници се изчислява по израза:

$$n = N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_F}{kT}\right) = \sqrt{N_B N_C} \exp\left(-\frac{E_G}{2kT}\right)$$

65.Активните загуби от електропроводимост P се изчислява по израза:

$$P = \frac{U^2}{R_{из}}$$