

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

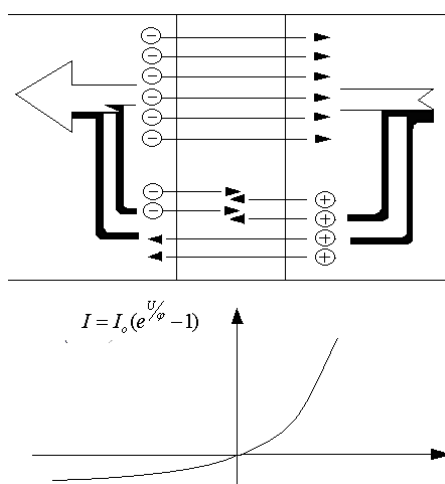
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*для тестового контроля знаний
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения*



Воронеж 2024

УДК 621.396.6(07)
ББК 32я7

Составитель

канд. физ.-мат. наук А. С. Бадаев

Радиоматериалы и радиокомпоненты: методические указания для тестового контроля знаний для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. С. Бадаев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2024. – 30 с.

В методических указаниях представлены тестовые задания, методические рекомендации и литература, необходимая для их выполнения. Тематика тестовых заданий соответствует рабочей программе дисциплины «Радиоматериалы и радиокомпоненты». Данные методические указания представляют собой сборник тестовых заданий для осуществления контроля знаний по дисциплине «Радиоматериалы и радиокомпоненты».

Методические указания предназначены для студентов 4 и курсов, специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле РМиРК_тесты.pdf.

Ил. 8. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.396.6(07)
ББК 32я7

Рецензент – А. В. Останков, д-р техн. наук,
профессор кафедры радиотехники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

1. ВВЕДЕНИЕ

Современный научно-технический прогресс невозможен без широкого применения радиоэлектроники, вычислительной техники, робототехники и информатики.

Микроэлектроника (МЭ) – область электроники, охватывающая проблемы исследования, конструирования, изготовления и применения электронных изделий с высокой степенью интеграции. МЭ позволяет резко повысить надежность радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), значительно уменьшить ее габариты, массу, потребляемую мощность и стоимость. В МЭ отказываются от применения дискретных радиокомпонентов. Используя достижения физики твердого тела, металлургии сверхчистых материалов и электронного машиностроения на основе качественно новых технологий, в микрообъемах твердого тела формируют сложные электронные узлы – *интегральные микросхемы (ИМС)*.

Глубокое понимание общих проблем и задач курса «Физические основы микроэлектроники» невозможно без систематической работы, контроля и самоконтроля в течении всего учебного цикла.

Определенную помощь в этой работе окажет настоящее методическое руководство. В нем представлены типовые оригинальные вопросы и задания, своевременная проработка и изучение контрольных будет способствовать более глубокому усвоению материала курса, а также усиленной подготовке к курсовому и дипломному проектированию. Кроме того, тестовые задания могут быть использованы для всех форм контроля знаний: текущего, промежуточного, итогового, дистанционного и контроля остаточных знаний.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Вопросы и задания, содержащиеся в методическом руководстве, опираются на изучаемый лекционный материал и литературу [1-7] которая находится в библиографическом списке в конце руководства. Они имеют сплошную нумерацию и расположены в соответствии с последовательностью разделов курса «Физические основы микроэлектроники».

Все вопросы задания можно разделить на три группы. Структура вопросов и ответов первой группы соответствует известной схеме: каждый сформированный вопрос содержит несколько вариантов ответа, (например, п. 2 и п. 6 настоящих тестовых заданий). Задача студента – найти правильный вариант, соответствующий постановке вопроса. В следующей группе вопросов (п. 109); следует цифрам вопроса привести в соответствие букве ответа. Третья группа представляет собой вопросы с рисунками и схемами. Здесь также существует несколько вариантов, например, в п. 113, рис. 1 необходимо цифры и вопросе привести в соответствие с буквами под рисунками или, наоборот, (п. 114, рис. 2) – буквы в вопросе с цифрами под рисунками. В п. 124, рис. 3 цифры на ри-

сунке должны соответствовать буквам в вопросе, в п. 142, рис. 5 арабские цифры в вопросе – римским цифрам на рисунке, а, например в п. 156, рис. 7 надо буквы в вопросе поставить в соответствие и с арабским и с римскими цифрами на рисунке.

Необходимо стараться отвечать на вопросы самостоятельно, обращаясь к конспекту лекций и рекомендованной литературе.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Два основных метода изготовления ИМС:

- а) фотолитографический и электроннолучевой;
- б) механический и электролитический;
- в) полупроводниковый и плёночный;
- г) физический и химический.

2. Полупроводниковая интегральная микросхема представляет собой:

- а) ситалловую подложку с закрепленными на ней миниатюрными полупроводниковыми приборами;
- б) схему, выполненную по плёночной технологии на полупроводниковой пластине;
- в) кристалл кремния с выполненными на нём методом полупроводниковой технологии элементами электрической схемы и соединениями между ними;
- г) несколько активных и пассивных элементов, помещенных в один корпус.

3. Пленочная интегральная микросхема представляет собой - микросхему:

- а) все элементы и межэлементные соединения которой выполнены в виде плёнок;
- б) некоторые элементы выполнены в виде плёнок, а некоторые - в виде кристаллов активных элементов и ИМС;
- в) подложку с дискретными пассивными элементами;
- г) ситалловую подложку с закрепленными на ней миниатюрными полупроводниковыми приборами.

4. Гибридная интегральная схема представляет собой ИМС, в состав которой входят:

- а) нанесенные на поверхность подложки плёночные полупроводниковые приборы;
- б) полупроводниковые ИМС и навесные пассивные элементы и соединения;
- в) дискретные активные элементы и плёночные пассивные элементы;
- г) кристалл кремния с выполненными на нём методом полупроводниковой технологии элементами электрической схемы и соединениями между ними.

5. Степень интеграции микросхемы является:

- а) показателем функциональной сложности ИМС, характеризуемым числом содержащихся в ней элементов и компонентов;
- б) показателем надежности ИМС, характеризуемым числом отказов схемы за некоторый период работы;
- в) показателем плотности упаковки элементов;
- г) число операций при изготовлении ИМС.

6. Все физико-химические процессы технологии микроэлектроники подразделяются на три класса:

- а) - нанесение вещества на подложку,
 - удаление вещества с подложки,
 - перераспределение атомов примесей;
- б) - подготовки поверхности подложки,
 - разрезание на отдельные кристаллы,
 - герметизация;
- в) химический, оптико-механический, физико-термический;

7. Кристаллическая решетка-это

- а) атомы которой проявляют определенную закономерность хотя бы на микроскопических участках;
- б) создать которое можно путём трансляции атомного узла по кристаллографическим направлениям;
- в) которым удобно пользоваться для описания правильной внутренней структуры кристаллов;
- г) атомы, расположенные в определенном порядке.

8. Элементарная ячейка кристалла - это

- а) отдельный элемент кристаллической решетки, с помощью трансляции которого можно получить все кристаллические решетки;
- б) абстракции, помогающие представить строение кристалла;
- в) наименьший параллелепипед, построенный на векторах a , b , c – периодах трансляции;
- г) наименьший куб, построенный на векторах a , b , c .

9. Решетки с базисом называют решетку общего типа,

- а) которую можно построить трансляцией какого-либо узла по трём направлениям;
- б) содержащую частицы только в вершинах элементарной ячейки;
- в) которую можно построить трансляцией нескольких узлов, задаваемых совокупностью базисных векторов.

10. Для описания направления в кристалле выбирается прямая,

- а) проходящая через две точки лежащие на осях координат;
- б) проходящая через два узла элементарной ячейки;
- в) проходящая через начало координат и однозначно определяется индексами ближайшего к нему узла, через который она проходит.

11. Границы зёрен и блоков являются носителями избыточной свободной энергии,

а) обуславливающей повышенную скорость, протекания химических реакций и диффузий; б) определяющей значительную долю электрического сопротивления твёрдого тела;

в) приводящей к разрушению кристаллической решетки.

12. Дефекты по Френкелю - это

а) появление вакансии при испарении атомов с поверхности кристалла;

б) появление вакансии при переходе атома из узла в междоузлие;

в) появление вакансии при переходе атома с поверхности кристалла в положение над поверхностью.

13. Дефекты по Шоттки - это

а) дислокации;

б) появление вакансии при переходе атома из узла в междоузлие;

в) появление вакансии в узле и атома в междоузлие;

г) границы зерен.

14. К линейным дефектам относятся:

а) дефекты по Шоттки;

б) дефекты по Френкелю;

в) краевые дислокации;

г) винтовые дислокации;

д) границы зерен.

15. Краевая дислокация - это линейный дефект, образованный:

а) «лишней» атомной плоскостью;

б) плоскостью, обрывающейся внутри кристалла;

в) двумя, взаимно-перпендикулярными плоскостями.

16. Винтовая дислокация - это линейный дефект, возникающий:

а) под действием касательных напряжений, приводящих к сдвигу одной части кристалла относительно другой;

б) при локальном искажении решетки в результате смещения;

в) при введении экстраплоскости.

17. Реальная прочность кристалла на сдвиг гораздо ниже теоретической прочности кристалла, потому что

а) в каждый момент времени смещается лишь относительно небольшое количество атомов;

б) сдвигообразование в кристалле под действием внешней силы представляет собой движение дислокаций по плоскостям скольжения;

в) модуль сдвига меньше модуля Юнга.

18. Окраска кристаллов возникает благодаря появлению центров окраски, которые представляют собой:

а) дифракционные отражения второго порядка;

б) отражения на границах блоков;

в) особые точечные дефекты.

19. Примеси оказывают существенное влияние на электрические свойства твёрдых тел,

- а) повышая электрическое сопротивление полупроводников;
- б) понижая электрическое сопротивление металлов;
- в) создавая в полупроводниках новые электрические уровни и приводят к появлению примесной проводимости;

г) понижая проводимость металлов.

20. Плоскостями скольжения в кристалле называют атомные плоскости,

- а) по которым происходит сдвиг части кристалла относительно другой;
- б) перпендикулярные скалывающим напряжениям;
- в) наименее плотно упакованные;
- г) наиболее плотно упакованные.

21. Система скольжения образуется совокупностью:

- а) плоскостей скольжения и направлений скалывающих напряжений;
- б) плоскости скольжения направления скольжения;
- в) плоскостей с наименьшей плотностью упаковки атомов и направления скалывающего напряжения.

22. Упрочнение кристаллов связано с необратимостью процессов, вызванное:

- а) перемещением атомов и отдельных частей кристалла друг относительно друга;
- б) увеличением внутренней энергии твёрдого тела;
- в) процессом рекристаллизации.

23. Тепловая энергия твёрдого тела складывается:

- а) из коллективного движения в форме упругой волны, охватывающей все частицы кристалла;
- б) из энергии только нормальных колебаний решетки;
- в) только из тепловой энергии свободных электронов.

24. Теплоёмкость твёрдого тела при постоянном объеме выражает:

- а) изменение температуры при увеличении мощности нагревателя на 1 Вт;
- б) изменение тепловой энергии при изменении температуры тела на 1 °С;
- в) изменение спектра нормальных колебаний частиц кристалла;
- г) количество тепла, переносимого через единицу площади за 1 с.

25. При температуре Дебая в твёрдом теле возбуждаются:

- а) нормальные колебания максимальных частот;
- б) нормальные колебания минимальных частот;
- в) нормальные колебания всего спектра частот.

26. Энергия кристалла с повышением температуры увеличивается вследствие:

- а) роста средней энергии каждого нормального колебания из-за повышения степени его возбуждения;
- б) роста числа возбуждённых нормальных колебаний решетки;

в) роста как средней энергии каждого нормального колебания и роста числа возбуждённых нормальных колебаний решетки;

г) плохой теплопроводности.

27. При повышении температуры металла тепловому возбуждению подвергаются

а) все электроны;

б) незначительная часть электронов, располагающаяся непосредственно у уровня Ферми;

в) электроны, располагающиеся вблизи ядра на нижних оболочках.

28. В диэлектриках перенос теплоты осуществляется:

а) фононами и электронами;

б) только фононами;

в) только электронами.

29. В металле перенос теплоты осуществляется:

а) фононами и свободными электронами;

б) только фононами;

в) только электронами;

г) ионами.

30. В области высоких температур теплопроводность чистых металлов:

а) зависит от температуры;

б) не должна зависеть от температуры;

в) обратно пропорциональна квадрату температуре.

31. В области низких температур, где выполняется закон Дебая, теплопроводность металлов должна быть:

а) пропорциональна абсолютной температуре;

б) обратно пропорциональна абсолютной температуре;

в) обратно пропорциональна квадрату абсолютной температуры.

32. Вблизи абсолютного нуля теплопроводность металла

а) не зависит от температуры,

б) пропорциональна абсолютной температуре;

в) обратно пропорциональна абсолютной температуре.

33. Тепловое расширение твёрдых тел происходит по причине:

а) увеличения среднего расстояния между частицами с ростом температуры;

б) увеличения атомных размеров с ростом температуры;

в) ангармонического характера колебаний частиц.

34. Коэффициент линейного расширения:

а) пропорционален теплоёмкости твёрдого тела;

б) обратно пропорционален теплоёмкости твёрдого тела;

в) никак не связан с теплоёмкостью твёрдого тела;

г) пропорционален теплопроводности.

35. Правило Грюнайзена формулируется так:

а) коэффициент линейного расширения α пропорционален теплоемкости;

б) α не зависит от теплоемкости тела;

в) α пропорционален сжимаемости и теплоёмкости тела и обратно пропорционален атомному объёму.

36. Диэлектрическая проницаемость - это физическая величина, показывающая:

а) во сколько раз увеличивается сопротивление диэлектрика при помещении его в вакуум;

б) какое напряжение возникает на противоположных сторонах пластины диэлектрика при помещении его в электрическое поле;

в) во сколько раз увеличивается ёмкость конденсатора при заполнении диэлектриком пространства между его пластинами;

г) на какую глубину проникает в диэлектрик электрической поле, напряженностью 1 В/м.

37. В диэлектрике, помещённом в электрическое поле, возникает

а) эффект Холла;

б) электрический момент;

в) градиент температуры.

38. Поляризуемостью называют физическую величину, равную:

а) отношению электрического поля к объёму диэлектрика;

б) отношению диэлектрической проницаемости к плотности диэлектрика;

в) отношению электрического момента диэлектрика к его объёму.

39. Если силы, стремящиеся возвратить в исходное положение смещённые электрическим полем частицы, носят упругий характер, то говорят о:

а) спонтанной поляризации;

б) упругой поляризации;

в) остаточной поляризации.

40. Если электроны, ионы при смещении в поле за счёт тепловой энергии преодолевают потенциальные барьеры, то поляризацию называют:

а) упругой;

б) остаточной;

в) тепловой.

41. В основе классической электронной теории лежит представление о металлах, как о системах, построенных из:

а) положительных и отрицательных ионов;

б) положительных ионов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов;

в) линейных макромолекул.

42. Электрический ток в металлах – это направленное движение (дрейф):

а) заряженных частиц;

б) ионов;

в) электронов;

г) электронов и дырок.

43. Аналитическое выражение закона Ома:

а) плотность тока J не зависит от напряженности электрического поля E ;

- б) J пропорциональна E ;
- в) J обратно пропорциональна E ;
- г) J пропорциональна сопротивлению.

44. Закон Видемана-Франца-Лоренца формулируется так:

- а) отношение теплопроводности металлов λ к их электропроводности σ пропорционально температуре T ;
- б) отношение λ к σ не зависит от T ;
- в) произведение λ и σ пропорционально T ;
- г) λ не связана с σ .

45. Удельное сопротивление металлов в интервале температур от комнатных до близких к точке плавления:

- а) не зависит от T ;
- б) линейно увеличивается с ростом T ;
- в) уменьшается с ростом T ;
- г) растёт экспоненциально при температурах выше комнатных.

46. Правило Маттисена:

а) полное удельное сопротивление ρ реального металла есть сумма ρ , обусловленного рассеянием электронов на тепловых колебаниях атомов в узлах решётки и остаточного ρ , обусловленного рассеянием на статических дефектах структуры;

- б) ρ металла повышается при пластической деформации;
- в) ρ металла зависит от количества примеси;
- г) ρ металла повышается при нагревании.

47. Правило Курнакова-Нордгейма: для многих двухкомпонентных сплавов изменение остаточного ρ описывается зависимостью:

а) $\rho_{ост} = CX_a \cdot X_B = CX_B \cdot (1 - X_B)$;

б) $\rho_{ост} = C(X_a + X_B)$;

в) $\rho_{ост} = X_a \cdot (1 - X_a)$, где C – константа, зависящая от природы сплава, X_a

и X_B – концентрация компонентов А и В в сплаве.

48. Значение ρ тонких образцов металлов и сплавов:

- а) равно значению ρ массивных образцов;
- б) больше;
- в) меньше;
- г) зависит от природы конкретных металлов и сплавов.

49. Полупроводники – это вещества,

а) заметно изменяющие свои электрические свойства под действием внешних воздействий;

- б) имеющие только аморфную структуру;
- в) ширина запрещённой зоны ΔW которых больше, чем у диэлектриков;
- г) значение ρ которых меньше 10^{-5} Ом·м.

50. Значение ρ полупроводников:

- а) выше чем у диэлектриков;

- б) $\rho = 10^{-6} - 10^9$ Ом м при комнатной температуре;
в) ниже чем у проводников ($\rho < 10^{-8}$ Ом·м).

51. Ширина запрещенной зоны полупроводников:

- а) ΔW меньше чем у проводников;
б) $\rho \geq 3$ эВ;
в) $\rho \approx 0,5 - 3$ эВ;
г) $\rho \leq 0,05$ эВ.

52. Собственными называют полупроводники, в которых:

- а) можно пренебречь влиянием примесей при данной температуре;
б) концентрация примесей составляет 10^{20} м^{-3} ;
в) электрические свойства определяются примесями.

53. Примесными называют полупроводники, в которых:

- а) концентрация примесей меньше 10^{12} м^{-3} ;
б) электрические свойства определяются примесями;
в) можно пренебречь влиянием примесей при комнатной температуре.

54. Электронными или полупроводниками типа n называют такие, у которых основными носителями являются:

- а) отрицательные ионы;
б) положительные ионы;
в) электроны.

55. Дырочными или полупроводниками типа p называются такие, у которых основными носителями являются:

- а) дырки;
б) электроны;
в) дырки и электроны.

56. Электрический ток в полупроводниках обусловлен дрейфом:

- а) электронов;
б) заряженных частиц;
в) электронов и дырок;
г) ионов.

57. Подвижностью носителей заряда называют:

- а) отношение средней скорости дрейфа к напряженности электрического поля;
б) произведение длины свободного пробега и скорости дрейфа;
в) ускорение носителя заряда, вызванное электрическим напряжением 1 В.

58. Подвижность:

- а) μ не зависит от температуры;
б) $\mu \sim T^{3/2}$ при низких температурах;
в) $\mu \sim T^{-3/2}$ при повышении температуры.

59. Уровень Ферми –это такой энергетический уровень,

- а) который у собственных полупроводников расположен в зоне проводимости;

б) вероятность заполнения которого при температуре, отличной от абсолютного нуля, равна $1/2$;

в) вероятность заполнения которого при температуре, отличной от абсолютного нуля, равна 1;

г) который у всех полупроводников расположен в валентной зоне.

60. Невырожденным называется полупроводник,

а) в котором поведение электронов и дырок подчиняется статистике Максвелла-Больцмана;

б) имеющий ширину запрещенной зоны $< 0,5$ эВ;

в) в котором поведение носителей подчиняется статистике Ферми-Дирака.

61. Полупроводник называется вырожденным:

а) при высоких температурах, при малой ширине запрещенной зоны, при сильном легировании, когда уровень Ферми лежит в валентной зоне или зоне проводимости;

б) в котором поведение электронов и дырок подчиняется статистике Максвелла-Больцмана;

в) если концентрация носителей в нём увеличивается с ростом температуры в низкотемпературной области.

62. Как изменяется концентрация носителей заряда с ростом температуры?

а) не изменяется;

б) возрастает;

в) убывает.

63. Время жизни электрона:

а) прямо пропорционально вероятности рекомбинации;

б) обратно пропорционально концентрации дырок и скорости электрона относительно дырки;

в) прямо пропорционально концентрации дырок и обратно пропорционально скорости электрона.

64. Что такое диффузионная длина?

а) расстояние от поверхности пластины, на котором концентрация примеси при легировании диффузией уменьшается в e раз;

б) средняя длина пути, проходимого носителем заряда между двумя соударениями;

в) расстояние, на котором в полупроводнике при диффузии в отсутствие внешних воздействий избыточная концентрация неосновных носителей уменьшается из-за рекомбинации в e раз.

65. Как изменяется проводимость полупроводников при увеличении температуры?

а) возрастает;

б) не изменяется;

в) убывает.

66. Что называют тензочувствительностью?

- а) возникновение электропроводимости полупроводника при механическом воздействии;
- б) отношение относительного изменения удельного сопротивления к относительной деформации;
- в) изменение подвижности носителей под действием механического напряжения.

67. Фотопроводимость – это:

- а) возникновение электропроводности полупроводника под действием света;
- б) изменение подвижности носителей под действием рентгеновского излучения;
- в) увеличение электропроводности под действием электромагнитного излучения.

68. Что такое квантовый выход внутреннего фотоэффекта?

- а) уменьшение сопротивления полупроводника на 1 Ом при поглощении одного кванта излучения;
- б) количество пар носителей, возникших под действием одного поглощённого кванта;
- в) количество квантов, излучённых полупроводником при переходе одного электрона из зоны проводимости в валентную зону.

69. Как изменяется фотопроводимость с увеличением интенсивности облучения?

- а) не изменяется;
- б) возрастает;
- в) убывает.

70. Как влияют сильные электрические поля на электропроводность полупроводников?

- а) не влияют;
- б) увеличивается число энергетических зон, уменьшается концентрация носителей заряда, нарушается закон Ома;
- в) увеличивается концентрация носителей, изменяется их подвижность, нарушается закон Ома, энергетические зоны становятся наклонными.

71. Эффект Ганна – это:

- а) возникновение когерентного ИК-излучения под действием электромагнитного поля;
- б) генерация высокочастотных электрических колебаний под действием сильного постоянного электрического поля;
- в) генерация СВЧ-колебаний под действием жёсткого излучения;
- г) возникновение электрического напряжения на гранях полупроводника под действием магнитного поля.

72. Интенсивность падающего на полупроводник излучения I_0 уменьшается до величины I . В соответствии с законом Бугера-Ламберта:

а) $I = I_0 \cdot \exp(-\alpha x)$;

б) $I = I_0 \cdot (1 - R) \cdot \exp(\alpha x)$;

в) $I = I_0 \cdot (1 - R) \cdot \exp(-\alpha x)$, где R – коэффициент отражения; x – расстояние от поверхности; α – коэффициент поглощения.

73. Что называют спектром поглощения вещества?

а) зависимость R от длины волны облучения;

б) зависимость α от интенсивности облучения;

в) зависимость α от длины волны или энергии фотонов.

74. Собственное поглощение проявляется в:

а) УФ - части спектра;

б) видимой или ближней ИК - области спектра;

в) дальней ИК – области.

75. Экситонное поглощение наблюдается в:

а) видимой части спектра;

б) дальней ИК – области;

в) ближней или средней ИК – части спектра.

76. Поглощение света свободными носителями заряда:

а) $\alpha \sim \frac{n\lambda^2}{\mu}$;

б) $\alpha \sim 1/\lambda$;

в) $\alpha \sim \mu \cdot n$, где n – концентрация носителей заряда; λ - длина волны; μ - подвижность носителей.

77. Примесное поглощение наблюдается:

а) в ближней ИК – области;

б) в видимой части спектра при высоких температурах;

в) в дальней ИК – области при низких температурах.

78. Решёточное поглощение проявляется в:

а) в ближней ИК – области;

б) дальней ИК – области;

в) в дальней ИК – области при низких температурах.

79. Что такое люминесценция?

а) тепловое излучение;

б) электромагнитное нетепловое излучение с длительностью, превышающей период световых колебаний;

в) электромагнитное нетепловое излучение с длительностью 10^{-15} с.

80. Какие вещества называют кристаллофорами или фосфорами?

а) вещества, светящиеся в темноте;

б) диэлектрики со спонтанным механизмом люминесценции;

в) полупроводники, обнаруживающие рекомбинационную люминесценцию.

81. Эффект Зеебека – это:

а) нагрев полупроводника при прохождении тока;

б) появление ЭДС в цепи, состоящей из разнородных полупроводников или полупроводника и металла, если температуры контактов различны;

в) нагревание или охлаждение контакта в цепи, состоящей из различных полупроводников или полупроводника и металла в зависимости от направления тока.

82. Чему равна термо – ЭДС U_T ?

а) $U_T = \alpha(T_2 - T_1)$;

б) $U_T = dU_T / dT \cdot T_2$;

в) $U_T = \alpha T_2 / T_1$, где α - удельная термо - ЭДС; T_1 и T_2 – температуры контактов.

83. В чём заключается сущность эффекта Пельтье?

а) $U_T = \alpha T_2 / T_1$, где α - удельная термо - ЭДС; T_1 и T_2 – температуры контактов;

б) $U_T = \alpha(T_2 - T_1)$;

в) при протекании тока через полупроводник, вдоль которого имеется градиент температур, в нём в зависимости от направления тока выделяется или поглощается количество тепла.

84. Чему равна теплота Пельтье?

а) $Q_{II} = \Pi \cdot J \cdot t$;

б) $Q_{II} = \Pi \cdot J^2 \cdot R$;

в) $Q_{II} = \Pi \cdot (T_2 - T_1) \cdot J \cdot t$, где Π – коэффициент Пельтье; J – плотность тока; t – время; R – сопротивление.

85. В чем состоит эффект Томсона?

а) при протекании тока через полупроводник, вдоль которого имеется градиент температур, в нём в зависимости от направления тока выделяется или поглощается количество тепла;

б) появление ЭДС в цепи, состоящей из разнородных полупроводников или полупроводника и металла, если температуры контактов различны;

в) нагревание или охлаждение контакта в цепи, состоящей из различных полупроводников или полупроводника и металла в зависимости от направления тока.

86. Чему равна теплота Томсона?

а) $Q_T = \tau \cdot (T_2 - T_1) \cdot J \cdot t$;

б) $Q_T = \tau \cdot J \cdot t$;

в) $Q_T = \tau \cdot dJ / dt (T_2 - T_1)$, где τ – коэффициент Томсона; J – плотность тока; t – время; $T_2 - T_1$ – разность температур.

87. В чём заключается эффект Холла?

а) в пластине полупроводника, по которой проходит ток, находящийся в магнитном поле, перпендикулярном току, возникает когерентное оптическое излучение;

б) на боковых гранях полупроводниковой пластины, находящейся в магнитном поле и по которой течёт ток, перпендикулярный полю, в направлении, перпендикулярном току и магнитному полю, возникает ЭДС;

в) в пластине полупроводника, по которой проходит ток, находящейся в магнитном поле, перпендикулярном току, возникают У.З. - колебания;

г) возникновение когерентного ИК - излучения под действием электромагнитного поля.

88. Работа выхода электронов – это энергия, которую необходимо затратить на переход электрона:

а) из валентной зоны в зону проводимости;

б) из вещества в вакуум;

в) из металла в полупроводник.

89. Переход (барьер) Шоттки – это:

а) контакт между металлами;

б) контакт между полупроводниками n- и p- типа с разной шириной запрещённой зоны;

в) контакт между металлом и полупроводником, обладающий выпрямляющими свойствами.

90. Что такое электронно-дырочный переход?

а) контакт между металлами с разной работой выхода электронов;

б) контакт между полупроводником проводимости n- типа и металлом;

в) граница между областями с проводимостью p- и n- типа в полупроводнике;

г) переход электрона в зону проводимости и образование дырки в валентной зоне.

91. Что называют током диффузии в p-n-переходе?

а) ток, возникающий в переходе под действием приложенного напряжения;

б) ток основных носителей из p- в n- область и наоборот;

в) ток неосновных носителей.

92. Чему равна контактная разность потенциалов U_k в германиевых и кремниевых переходах соответственно?

а) 0,3–0,4 В; 0,7–0,4 В;

б) 80–100 В; 10–20 В;

в) 50–60 мкВ; 100 мВ.

93. Какой ток в p-n-переходе называют тепловым или дрейфовым?

а) ток, обусловленный дрейфом основных носителей при нагреве;

б) ток неосновных носителей из p- в n- область и наоборот;

в) ток, возникающий в переходе под действием приложенного напряжения.

94. Какое включение р-п-перехода называется прямым, а какое обратным?

- а) «+» к п-области, «-» к р-области;
- б) «-» к п-области, «+» к р-области;
- в) «+» к р- и п- областям.

95. Полный ток I , протекающий через р-п-переход равен:

а) $I = I_o$

б) $I = I_o \left[\exp\left(\frac{eU}{KT}\right) - 1 \right];$

в) $I = I_o \exp\left(\frac{eU}{KT}\right)$, где I_o – ток неосновных носителей; e – заряд электро-

на; U – внешнее напряжение; K – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура.

96. Полупроводниковый диод - это:

- а) прибор с двумя р-п-переходами и двумя выводами;
- б) прибор с одним р-п-переходом и двумя выводами;
- в) кремниевый прибор с одним сплавным р-п-переходом, двумя выводами, предназначенный для детектирования;
- г) прибор с переходом металл-металл, предназначенный для выпрямления переменного тока.

97. Точечные диоды получают:

- а) точечно-контактным способом, пропускают большие токи, имеют большую ёмкость, работают на высоких частотах;
- б) методом эпитаксии, имеют малую ёмкость, работают на низких частотах;
- в) точечно-контактным способом, имеют очень маленькую ёмкость, работают на высоких частотах.

98. Плоскостные диоды получают:

- а) методом диффузии, имеют малую ёмкость, работают на низких частотах;
- б) методом сплавления, диффузии, эпитаксии, имеют большую ёмкость, работают на низких частотах;
- в) методом ионной имплантации на основе арсенида галлия, имеют малую ёмкость, работают на высоких частотах.

99. Выпрямительный диод – это полупроводниковый прибор,

- а) предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный в силовых цепях, плоскостной с несимметричным р-п-переходом на основе германия или кремния;
- б) предназначенный для получения прямоугольных импульсов, точечный, с плавным р-п-переходом на основе арсенида галлия;
- в) предназначенный для выравнивания АЧХ, плоскостной, с симметричным р-п-переходом на основе кремния;

г) предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный в силовых цепях, точечный с несимметричным р-п-переходом на основе германия или кремния.

100. Пробивные напряжения при нормальной температуре у германиевых и кремниевых диодов соответственно лежат в пределах:

- а) 5-20 В; 80-100 В;
- б) 2 кВ; 1 кВ;
- в) 100-400 В; 1-1,5 кВ.

101. Германиевые диоды лучше кремниевых тем, что:

- а) имеют меньшее прямое падение напряжения;
- б) выдерживают более высокие температуры, имеют более высокое обратное напряжение и меньший обратный ток;
- в) имеют меньшее прямое падение напряжения и более высокий диапазон температур.

102. Кремниевые диоды превосходят германиевые по следующим параметрам:

- а) имеют меньшее прямое падение напряжения;
- б) выдерживают более высокие температуры, имеют более высокое обратное напряжение и меньший обратный ток;
- в) имеют меньшее прямое падение напряжения и более широкий диапазон температур.

103. Полупроводниковый стабилитрон или опорный диод – это:

- а) плоскостной германиевый диод, предназначенный для стабилизации частоты ВЧ – колебаний;
- б) точечный диод на основе арсенида галлия, служащий для стабилизации малых токов;
- в) плоскостной кремниевый диод, предназначенный для стабилизации уровня постоянного напряжения;
- г) предназначенный для получения прямоугольных импульсов, точечный, с плавным р-п-переходом на основе арсенида галлия.

104. Каким включением включается стабилитрон?

- а) прямым;
- б) обратным.

105. Стабилитроны имеют следующее напряжение и ток стабилизации, соответственно:

- а) от 5 до 1500 В; от 100 мА до 10 А;
- б) от 5 до 300 В; от 0,1 мА до 2 А;
- в) от 100 мВ до 100 В; от 10 мкА до 100 мА.

106. Стабисторами называют:

- а) полупроводниковый прибор, предназначенный для стабилизации тока от 0,1 мА до 1 А;
- б) стабилитрон для стабилизации напряжений более 2 кВ;
- в) стабилитрон для стабилизации напряжений менее 3 В.

107. Каким включением включается стабистор?

- а) прямым;
- б) обратным.

108. Биполярный транзистор – это полупроводниковый прибор:

- а) с тремя р-п-переходами и тремя выводами, ток через который обусловлен движением электронов и дырок;
- б) с двумя встречноключёнными р-п-переходами и тремя выводами, ток через который обусловлен движением электронов и дырок;
- в) с двумя прямовключёнными р-п-переходами и тремя выводами, ток через который обусловлен движением электронов;
- г) ток в котором создаётся движением электронов, а его изменение вызывает электрическое поле.

109. Какие области биполярного транзистора называются: 1 – базой; 2 – эмиттером; 3 – коллектором?

- а) область в которую инжектируются неосновные для неё носители заряда;
- б) область, назначение которой – инжекция основных носителей;
- в) область, предназначенная для экстракции носителей.

110. В каком направлении обычно включаются эмиттерный и коллекторный переходы соответственно?

- а) в прямом; в обратном;
- б) в обратном; в прямом;
- в) оба в прямом;
- г) оба в обратном.

111. Какие требования предъявляются к базе для эффективной работы транзистора?

- а) толщина базы – $1,5 \div 2,5$ мкм, концентрация основных носителей в базе должна быть много меньше, чем в эмиттере;
- б) толщина базы не важна, концентрация носителей в ней должна быть больше чем в эмиттере;
- в) толщина базы - $10 \div 30$ мкм, концентрация носителей в базе примерно равна концентрации основных носителей в эмиттере.

112. Какие требования предъявляются к коллекторному переходу?

- а) концентрация основных носителей в коллекторе больше чем в эмиттере, площадь коллекторного перехода равна площади эмиттерного;
- б) концентрация основных носителей в коллекторе меньше, чем в эмиттере, площадь коллекторного перехода меньше чем эмиттерного;
- в) концентрация носителей в коллекторе несколько меньше чем в эмиттере, площадь коллекторного перехода в несколько раз больше чем площадь эмиттерного.

113. Приведите графическое изображение n-p-n (1) и p-n-p (2) транзистора.

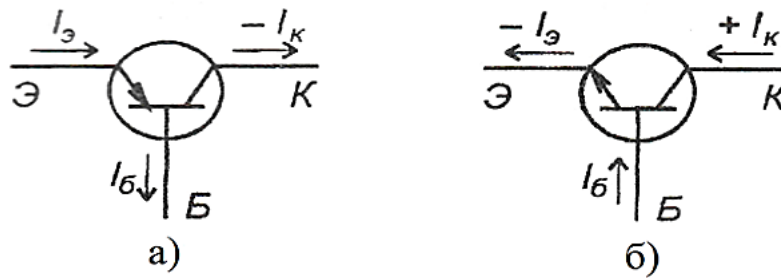


Рис. 1. Схемы транзисторов

114. Назовите способы включения биполярного транзистора:

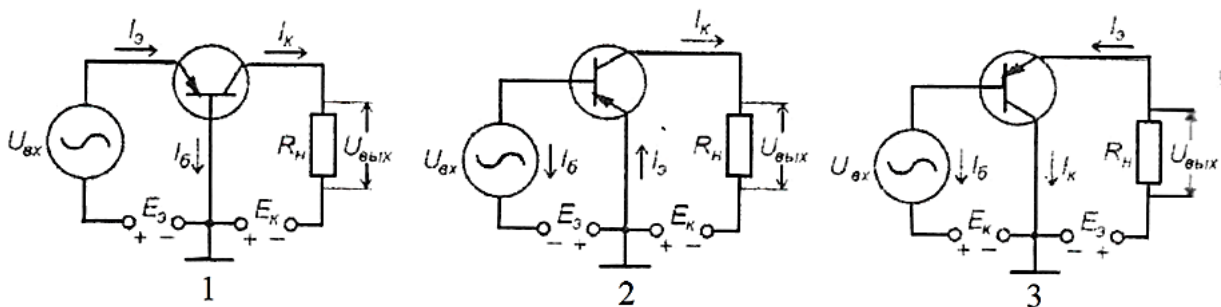


Рис. 2. Способы включения биполярного транзистора

- а) с общей базой (ОБ);
- б) с общим коллектором (ОК);
- в) с общим эмиттером (ОЭ).

115. Как определяется коэффициент усиления по току для схем ОБ (1), ОЭ (2), ОК (3)?

- а) $\alpha = I_K / I_3$;
- б) $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$;
- в) $K_I = 1 / (1 - \alpha)$, где I_K – ток коллектора; I_3 – ток эмиттера.

116. Коэффициент усиления по напряжению для схем с ОБ (1), ОЭ (2), ОК (3) равен:

- а) $K_u = R_n / (R_n + r_3)$;
- б) $K_u = \alpha R_n / r_3$;
- в) $K_u = \alpha^2 R_n / r_3$, где R_n – сопротивление нагрузки; r_3 – дифференциальное сопротивление перехода эмиттера-база.

117. Чему равен коэффициент усиления по мощности для схем с ОБ (1), ОЭ (2), ОК (3)?

- а) $K_p = \alpha^2 R_n / r_3$;
- б) $K_p = 1 / (1 - \alpha)$;

в) $K_p = K_{p(ОБ)} / (1 - \alpha)$, где $K_{p(ОБ)}$ – коэффициент усиления по мощности в схеме с ОБ.

118. Укажите основные параметры для схем включения транзистора:

- а) усиление по мощности;
- б) усиление то току;
- в) усиление по напряжению;
- г) выходное сопротивление;
- д) входное сопротивление.

119. Какая схема обеспечивает максимальное усиление по мощности?

- а) ОБ;
- б) ОЭ;
- в) ОК;
- г) ОС.

120. Укажите семейства входных (1) и выходных (2) характеристик р-п-р транзистора в схеме с ОБ и семейства входных (3) и выходных (4) характеристик в схеме с ОЭ:

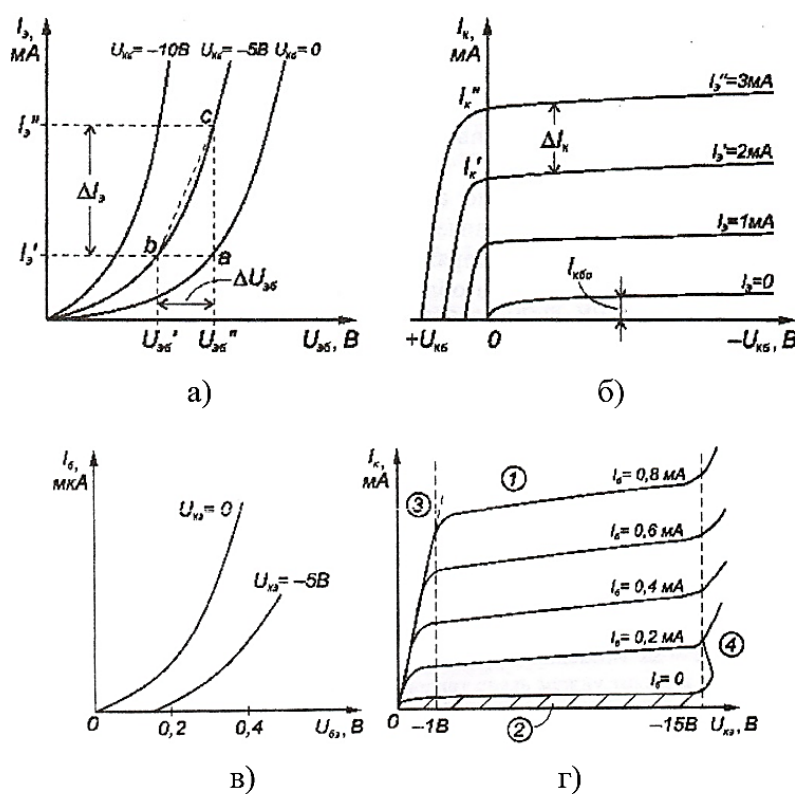


Рис. 3. Характеристики транзистора.

121. Как определяются параметры h_{11} (1), h_{12} (2), h_{21} (3) и h_{22} (4)?

- а) U_1 / U_2 при $I_1 = 0$;
- б) I_2 / U_2 при $I_1 = 0$;
- в) U_1 / I_1 при $U_2 = 0$;
- г) I_2 / I_1 при $U_2 = 0$.

122. Определите физический смысл параметров h_{11} (1), h_{12} (2), h_{21} (3) и h_{22} (4):
- а) коэффициент обратной связи по напряжению при холостом ходе;
 - б) коэффициент усиления по току при коротком замыкании на выходе;
 - в) выходная проводимость при холостом ходе на входе;
 - г) входное сопротивление при коротком замыкании на выходе.
123. Какая связь существует между физическими и h - параметрами?
- а) $r_{\pi} = h_{12\pi} \cdot h_{22\pi}$; $r_o = h_{12o} \cdot h_{22o}$; $r_k = 1 - h_{21\pi} / h_{22\pi}$;
 - б) $r_{\pi} = h_{12\pi} \cdot h_{22\pi}$; $r_o = h_{12o} / h_{22o}$; $r_k = (1 + h_{21\pi}) / h_{22\pi}$;
 - в) $r_{\pi} = h_{12\pi} \cdot h_{22\pi}$; $r_o = h_{22o} / h_{21o}$; $r_k = (1 + h_{21\pi}) \cdot h_{22\pi}$.
124. Назовите режимы работы транзистора в схеме с ОЭ (рис. 3):
- а) область отсечки;
 - б) область умножения;
 - в) активная область;
 - г) область насыщения.
125. Какая схема включения биполярного транзистора обладает лучшими частотными свойствами?
- а) ОБ;
 - б) ОЭ;
 - в) ОК;
 - г) ОС.
126. Предельными частотами усиления для схем ОБ и ОЭ соответственно называются частоты, на которых:
- а) $\alpha = 1$; $\beta = 1$;
 - б) $\alpha = \alpha_0$; $\beta = \beta_0$;
 - в) $\alpha = 0,707 \alpha_0$; $\beta = 0,707 \beta_0$.
127. Граничной частотой транзистора называется частота, на которой:
- а) $K_p = 1$;
 - б) $K_p = 0,707$;
 - в) $|h_{21\pi}| = 1$.
128. Максимальной частотой транзистора называется частота, на которой:
- а) $\alpha = 1$; $\beta = 1$;
 - б) $|h_{21\pi}| = 0,707$;
 - в) $\alpha = \alpha_0$; $\beta = \beta_0$.
129. Полевым или униполярным транзистором называется полупроводниковый прибор, в котором:
- а) ток обусловлен движением электронов и дырок, а его изменение происходит под действием электрического поля, создаваемого внешним источником;
 - б) ток создается движением электронов, а его изменение вызывает электрическое поле, создаваемое входным сигналом;

в) ток обусловлен движением только электронов или дырок, а его изменение происходит под воздействием перпендикулярного току электрического поля, создаваемого входным сигналом;

г) с двумя прямовключёнными р-п-переходами и тремя выводами, ток через который обусловлен движением электронов.

130. Какие типы полевых транзисторов вы знаете?

а) транзистор с управляющим р-п-переходом;

б) транзистор со структурой «металл-полупроводник-металл» (МПМ);

в) транзистор с управляющим переходом Шоттки;

г) транзистор со структурой «металл-диэлектрик-полупроводник» (МДП);

131. Что называют истоком (1), стоком (2), затвором (3), каналом (4) полевого транзистора?

а) электрод, к которому движутся носители;

б) электрод, от которого начинается движение носителей;

в) область между переходами;

г) электрод, изменение напряжения на котором, вызывает изменение тока стока I_c .

132. Напряжение какой полярности подают на затвор полевого транзистора с управляющим р-п-переходом относительно истока?

а) положительное;

б) отрицательное;

в) любое.

133. Проводимостью какого типа может обладать канал?

а) n-типа;

б) p-типа;

в) любого типа.

134. Укажите входные (1) и выходные (2) статические характеристики полевого транзистора с управляющим р-п-переходом.

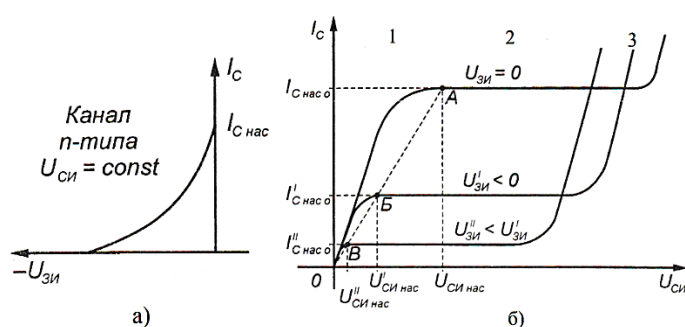


Рис. 4. Статические характеристики полевого транзистора.

135. Что называется напряжением отсечки $V_{отс}$.

а) напряжение, при котором I_c достигает максимума;

б) напряжение, при котором канал перекрывается и ток через него прекращается $I_c = 0$;

в) напряжение при котором I_c меняет направление.

136. На рис. 4 укажите области:

- а) насыщения;
- б) омическую;
- в) пробой.

137. Что такое крутизна стокзатворной характеристики S и чему она примерно равна?

- а) $S = dI_c / dU_{зи}$ и при $U_{зи} = \text{const}$; $S=100$ мА/В;
- б) $S = dI_c / dU_{зи}$ и при $U_{зи} = \text{const}$; $S=20$ мА/В;
- в) $S = dU_{зи} / dI_c$ и при $U_{зи} = \text{const}$; $S=50$ В/мА.

138. Сопротивление транзистора в омической области R_0 определяется:

- а) $R_0 = dV_{зи} / dI_c$;
- б) наклоном стоковой характеристики;
- в) наклоном стокзатворной характеристики.

139. Внутреннее сопротивление R_i равно:

- а) $R_i = dU_{зи} / dI_c$ в области пробоя;
- б) $R_i = dU_c / dI_c$ в области насыщения;
- в) $R_i = dV_c / dI_c$ в омической области.

140. Частотные свойства какого транзистора лучше?

- а) с каналом n-типа;
- б) с каналом p-типа;
- в) другое.

141. Какие схемы включения полевых транзисторов Вы знаете?

- а) ОИ;
- б) ОБ;
- в) ОЭ;
- г) ОС;
- д) ОЗ.

142. Укажите структуру полевых транзисторов со встроенным (1) и с индуцированным (2) каналом:



Рис. 5. Структуры полевых транзисторов.

143. На рис. 5 укажите области стока (1), затвора (2), истока (3), подложки (4).

144. Какой полевой транзистор называют МДП-транзистором?

а) у которого между металлическим затвором и проводящим каналом находится диоксид кремния;

б) у которого между металлическим затвором и проводящим металлическим каналом нанесена тонкая полимерная пленка;

в) у которого между металлическим затвором и проводящим каналом находится диэлектрик.

г) ток обусловлен движением электронов и дырок, а его изменение происходит под действием электрического поля, создаваемого внешним источником.

145. какие транзисторы называются МОП-транзисторами?

а) у которых в качестве диэлектрика используются оксиды металлов;

б) если в качестве диэлектрика применен оксид кремния;

в) у которых в качестве диэлектрика используются тонкие пленки органических полимеров с высокой диэлектрической проницаемостью.

146. Чему равно входное сопротивление МДП-транзисторов?

а) 100 кОм;

б) более 10^4 МОм;

в) более 1МОм;

г) менее 10 кОм.

147. Напряжение какой полярности подается на затвор транзистора со встроенным р-каналом относительно истока?

а) положительное;

б) отрицательное;

в) любое.

148. Приведите стокзатворные (1) и выходные (2) характеристики МДП-транзистора со встроенным каналом р-типа:

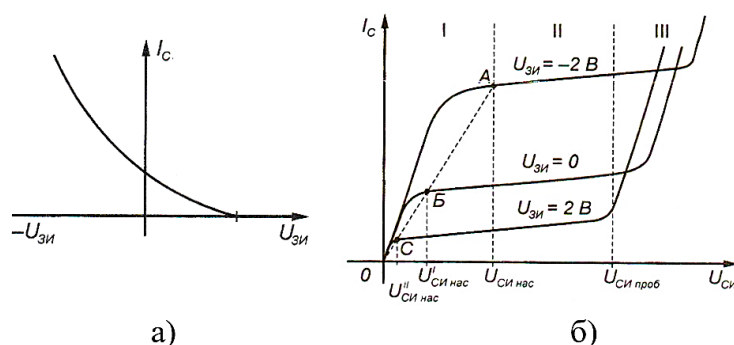


Рис. 6. Характеристики МДП-транзистора

149. Какое напряжение называется напряжением отсечки $U_{зиотс}$ (рис. 6)?

а) отрицательное напряжение $U_{зи}$, при котором $I_c=0$;

б) положительное напряжение $U_{зи}$, при котором $I_c = 0$;

в) $U_{зи} = 0$.

150. На характеристиках (рис. 6) укажите области:

- а) омическая;
- б) насыщения;
- в) пробоя.

151. Каким образом индуцируется проводящий канал в МДП-транзисторе?

- а) под действием положительного напряжения более 1В, приложенного к затвору относительно истока;
- б) при нагреве;
- в) за счет положительных ионов, содержащихся в пленке оксида кремния.

152. Какая полярность напряжения $U_{зи}$ в МДП-транзисторах с индуцированным р-каналом?

- а) положительная;
- б) отрицательная;
- в) любая.

153. Какую проводимость могут иметь индуцированные каналы МДП-транзисторов?

- а) n-типа;
- б) p-типа;
- в) обоих типов.

154. Приведите стокзатворные (1) и выходные (2) характеристики МДП-транзисторов с индуцированным р-каналом.

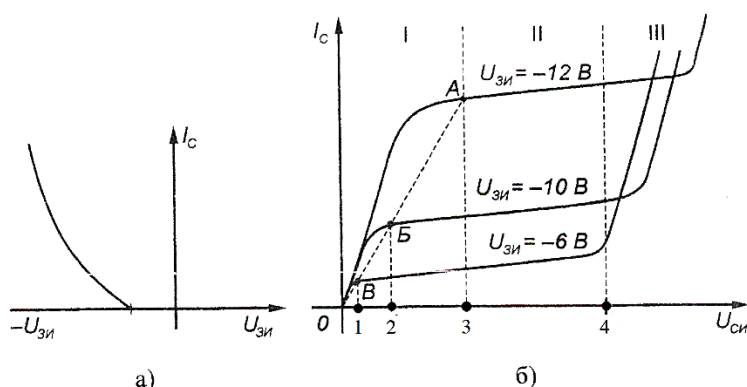


Рис. 7. Характеристики МДП-транзисторов

155. Пороговое напряжение – это:

- а) отрицательное напряжение на затворе $U_{зи\text{пор}}$, при которой индуцируется канал;
- б) положительное напряжение на затворе $U_{зи\text{пор}}$, при котором $I_c = 0$;
- в) положительное напряжение на стоке $U_{си\text{пор}}$, при котором I_c переходит в область насыщения.

156. На характеристиках (рис. 7) укажите:

- а) омическую область;
- б) область насыщения;
- в) область пробоя;

г) напряжение насыщения;

д) напряжение пробоя.

157. Приведите графические обозначения полевых транзисторов:

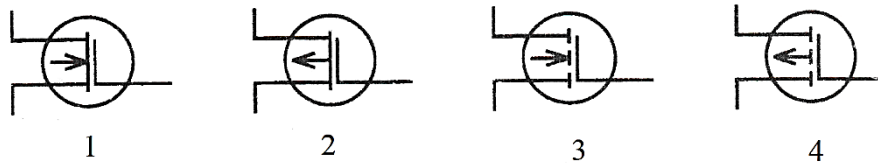


Рис. 8. Графические обозначения

а) с управляющим р-п-переходом с каналом n-типа;

б) с управляющим р-п-переходом с каналом р-типа;

в) МДП-транзистор со встроенным каналом n-типа;

г) МДП-транзистор со встроенным каналом р-типа;

д) МДП-транзистор с индуцированным каналом n-типа;

е) МДП-транзистор с индуцированным каналом р-типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов П.В. Физика твердого тела: учеб. пособие/П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов.-3-е изд., стер.-М.: Высш.шк., 2000.-494 с.
- 2 Бадаев А.С. Физические основы полупроводников и микроэлектронной техники: учеб. пособие / А.С. Бадаев, Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. 148с.
3. Балашов Ю.С. Физические основы функционирования интегральных устройств микроэлектроники: учеб. пособие / Ю.С. Балашов, М.И. Горлов. – Воронеж: ВГТУ, 2008. – 187с.
4. Ефимов И.Е. Основы микроэлектроники: учеб. пособие / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь. – 3 – е изд. стереотипн. – СПб.: Лань, 2008. – 384 с.
5. Чернышов А.В. Радиоматериалы. 4 II: Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы: учеб. пособие / А.В. Чернышов, А.С. Бадаев: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет» 2008. 235с.
6. Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В.Шалимова. – 4 – е изд., стереотипн. – СПб.: Лань, 2009. – 400с.
7. Ефимов И.Е. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надёжность: учеб. пособие / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1986. – 464с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	3
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.....	3
3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	4
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	28

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*для тестового контроля знаний
для студентов специальности 11.05.01
«Радиоэлектронные системы и комплексы»
очной формы обучения*

Составитель

Бадаев Андрей Станиславович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 29.05.2024.

Уч.-изд. л. 1,6.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет» 394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84