

ВОПРОСЫ БИЛЕТОВ ПИСЬМЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО КУРСУ
«ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ» («ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ»)
для групп 4931601/10001, 4931601/10002, 4931601/10003, 4931104/10001, 4931104/10002, 4931104/10003
2022/2023 уч. год

1. Энергетические уровни атомов и энергетические зоны кристаллов. Объединение атомов в кристалл. Формирование энергетической диаграммы металла на примере лития.
2. Энергетические уровни атомов и энергетические зоны кристаллов. Объединение атомов в кристалл. Формирование энергетической диаграммы диэлектрика на примере LiF.
3. Четырехвалентный собственный полупроводник. Механизм электропроводности в рамках модели парных ковалентных связей. Переход к модели энергетических зон.
4. Четырехвалентный полупроводник *n*-типа. Механизм электропроводности в рамках модели парных ковалентных связей. Переход к модели энергетических зон.
5. Четырехвалентный полупроводник *p*-типа. Механизм электропроводности в рамках модели парных ковалентных связей. Переход к модели энергетических зон.
6. Принцип формирования одномерных энергетических диаграмм. Классификация энергетических зон. Энергетические диаграммы металла, диэлектрика и собственного полупроводника. Уровень Ферми, работа выхода электрона. Физический смысл уровня Ферми в металле.
7. Основные сведения о статистике электронов и дырок в полупроводниках. Функция Ферми и ее физический смысл. Распределение электронов по энергиям в металле и в собственном полупроводнике.
8. Равновесная концентрация подвижных носителей в собственных и примесных невырожденных полупроводниках, ее зависимость от температуры и ширины запрещенной зоны.
9. Положение уровня Ферми в идеальном собственном полупроводнике (вывод на основе принципа нейтральности).
10. Идеальный собственный полупроводник: электропроводность при абсолютном нуле и ее изменение с ростом температуры. Подвижные носители заряда; энергетическая диаграмма, положение уровня Ферми при различных температурах.
11. Полупроводник *n*-типа: определение, носители заряда (подвижные и неподвижные, основные и неосновные), условие нейтральности, энергетическая диаграмма, положение уровня Ферми при абсолютном нуле; изменение его положения и заселенности примесного уровня с температурой.
12. Полупроводник *p*-типа: определение, носители заряда (подвижные и неподвижные, основные и неосновные), условие нейтральности, энергетическая диаграмма, положение уровня Ферми при абсолютном нуле; изменение его положения и заселенности примесного уровня с температурой.
13. Тепловая генерация подвижных носителей заряда. Зависимость концентрации электронов проводимости в полупроводнике *n*-типа от температуры; физический смысл углов наклона участков кривой $\lg n = f(1/T)$.
14. Зонная диаграмма полупроводника при наличии сильного электрического поля. Ударная генерация подвижных носителей заряда.
15. Зонная диаграмма полупроводника при наличии сильного электрического поля. Полевая генерация подвижных носителей заряда.
16. Световая генерация подвижных носителей заряда. Фоторезистивный эффект. Фоторезистор, принцип действия, характеристики, параметры.
17. Межзонная рекомбинация: разновидности, условия и физический механизм; степень вероятности процесса.
18. Рекомбинация через ловушки; ее механизм в примесных полупроводниках. Отображение на энергетических диаграммах. Поверхностная рекомбинация.
19. Диффузия и дрейф подвижных носителей заряда, диффузионные и дрейфовые токи электронов и дырок. Понятие диффузионной длины. Подвижность.
20. Взаимосвязь диффузии и дрейфа подвижных носителей заряда. Полупроводник с неравномерной по объёму концентрацией примеси: процесс установления равновесия и энергетическая диаграмма; основная область применения.
21. Процесс установления равновесия на контакте полупроводников *p*- и *n*-типа: Токи и их природа, причина возникновения потенциального барьера и контактного электрического поля. Энергетическая диаграмма равновесного перехода.
22. Параметры *p-n* перехода в равновесном состоянии: потенциальный барьер $e\phi_k$, отображение на энергетической диаграмме: физические причины его возникновения; вывод формулы, порядок величины $e\phi_k$.
23. Параметры *p-n* перехода в равновесном состоянии: контактное электрическое поле ϵ_k ; физические причины его возникновения, вывод формулы, порядок величины ϵ_k , распределение поля в пределах перехода.
24. Параметры *p-n* перехода в равновесном состоянии: ширина перехода l ; вывод формулы, порядок величины l . l_p ; l_n для «односторонних» переходов. Зависимость ширины перехода от концентрации примесей.

25. Прямое смещение $p-n$ перехода; полярность подключения внешнего напряжения, энергетическая диаграмма. Инжекция: определение, условия возникновения. Физическая природа прямого тока. Изменения потенциального барьера и ширины перехода.
26. Обратное смещение $p-n$ перехода; полярность подключения внешнего напряжения, энергетическая диаграмма. Экстракция: определение, условия возникновения. Физическая природа обратного тока. Изменения потенциального барьера и ширины перехода.
27. Характер распределения концентраций неосновных носителей заряда при прямом и обратном смещении $p-n$ перехода; физические причины.
28. Вольтамперная характеристика идеализированного $p-n$ перехода: основные допущения, вывод формулы, график.
29. Зависимость вольтамперной характеристики идеализированного $p-n$ перехода от температуры и материала, из которого он изготовлен и обуславливающие ее физические причины.
30. Факторы, отличающие реальный $p-n$ переход от идеализированного. Токи при обратном включении реального перехода.
31. Факторы, отличающие реальный $p-n$ переход от идеализированного. Токи при прямом включении реального перехода.
32. Лавинный пробой $p-n$ перехода: физическая картина, требования к полупроводниковому материалу, вольтамперная характеристика, зависимость напряжения пробоя от температуры, физическая причина этой зависимости.
33. Туннельный пробой $p-n$ перехода: физическая картина, требования к материалу перехода, вольтамперная характеристика, зависимость напряжения пробоя от температуры, физическая причина этой зависимости.
34. Стабилитроны: разновидности, простейшая схема стабилизатора напряжения, роль балластного резистора. Физический принцип компенсации температурной зависимости рабочего напряжения стабилитрона.
35. Барьерная емкость $p-n$ -перехода, ее физическая природа и зависимость от напряжения на переходе. Валикапы.
36. Емкость $p-n$ перехода, ее особенности и разновидности. Диффузионная емкость и ее физическая природа. Зависимость диффузионной емкости от напряжения на переходе; условия, при которых ее влияние не наблюдается.
37. Переходные процессы в диоде, физические причины их существования. Восстановление обратного сопротивления диода (тока через диод и напряжения на нём). Время восстановления, заряд переключения. Физические причины инерционности.
38. Факторы, влияющие на образование выпрямляющего и омического контактов металл-полупроводник. Омический контакт металл-полупроводник, его разновидности. Энергетические диаграммы.
39. Выпрямляющий контакт (барьер Шоттки) металл-кремний n -типа. Условия его формирования, установление равновесия, энергетическая диаграмма, его отличие от $p-n$ перехода. Механизм влияния поверхностного заряда на свойства контакта.
40. Прямое и обратное смещение барьера Шоттки, энергетические диаграммы. Токи и их природа. Причина малой инерционности диодов Шоттки.
41. Сравнение вольтамперных характеристик кремниевого $p-n$ перехода и барьера Шоттки (металл – n -Si) с одинаковыми параметрами. Физические причины их различия. Преимущества диодов Шоттки перед диодами на $p-n$ переходах.
42. Биполярный транзистор (БТ): определение, структура, режимы работы, схемы включения n^+p-n БТ в активном режиме.
43. Физические процессы в БТ при переносе эмиттерного тока в коллектор через базу в активном режиме. Энергетическая диаграмма. Дрейфовый БТ, его особенности и преимущества.
44. Токи в БТ, включенном в схему с общей базой и общим эмиттером. Коэффициенты передачи тока, их взаимосвязь и порядок величины.
45. Распределения концентраций неосновных носителей в базе в различных режимах работы БТ и физические процессы, определяющие их характер.
46. Модуляция ширины базы БТ. Обратная связь по напряжению. Примеры влияния этого фактора на вольтамперные характеристики БТ. Эффект Кирка.
47. Входные вольтамперные характеристики БТ в схеме с общей базой; влияние на них выходного напряжения $U_{кб}$ и его физическая причина.
48. Семейство выходных вольтамперных характеристик БТ в схеме с общей базой; участки, соответствующие различным режимам работы и их физическая интерпретация.
49. Входные вольтамперные характеристики БТ в схеме с общим эмиттером, влияние на них выходного напряжения $U_{кэ}$ и его физическая причина.
50. Выходные вольтамперные характеристики БТ в схеме с общим эмиттером. Анализ их формы и причин отличия от выходных ВАХ в схеме с общей базой.
51. Влияние температуры на величину тока коллектора БТ в схемах с общей базой и общим эмиттером и на положение выходных вольтамперных характеристик.
52. БТ как линейный четырехполюсник. Вывод h -параметров, названия и обоснование различия их величин в схемах ОБ и ОЭ.

53. Усилительные свойства БТ в схеме с общим эмиттером. Простейший усилительный каскад и его свойства.
54. Эмиттерный повторитель – схема с общим коллектором. Простейший усилительный каскад и его свойства.
55. Схема ключа с использованием БТ. Статические выходные характеристики и нагрузочная прямая. Условия, при которых БТ работает как ключ, его различные состояния (режимы) и физические причины инерционности.
56. Условия, при которых БТ работает как ключ. Временные диаграммы входного и выходного токов; распределение концентраций неосновных носителей в базе на разных этапах.
57. Импульсные временные параметры БТ. Причины инерционности БТ в схеме ключа. Пути улучшения импульсных свойств. БТ с диодом Шоттки: физические причины его меньшей инерционности.
58. Полевой транзистор (ПТ) с управляющим переходом: определение, разновидности, устройство. Механизм влияния напряжения на затворе ($U_{зи}$) на ток стока при постоянном напряжении $U_{си}$. Анализ формы ВАХ прямой передачи.
59. Принцип действия ПТ с управляющим $p-n$ переходом; механизм влияния напряжения сток-исток на ток стока при постоянном напряжении $U_{зи}$. Анализ формы выходной ВАХ.
60. Параметры малого сигнала для полевых транзисторов (g -параметры). ПТ как усилитель малого переменного сигнала.
61. Полевой транзистор с изолированным затвором (ПТИЗ). Определение, разновидности, устройство. Механизм образования индуцированного канала в ПТИЗ.
62. Эффект поля в полупроводнике: режимы обеднения, инверсии и обогащения. Физический принцип формирования индуцированного канала в ПТИЗ.
63. Статические ВАХ прямой передачи ПТИЗ с индуцированным каналом; физические процессы, обуславливающие их форму. Влияние температуры на ВАХ. Термостабильная точка.
64. Статические выходные ВАХ ПТИЗ с индуцированным каналом; физические процессы, обуславливающие их форму.
65. ПТИЗ со встроенным каналом: устройство, два типа канала, полярность напряжений на затворе, стоке относительно истока. Режимы обеднения и обогащения в канале. ВАХ прямой передачи, анализ её формы.
66. ПТИЗ со встроенным каналом: Семейство статических выходных ВАХ, физические причины, обуславливающие их форму и зависимость от напряжения затвор-исток.
67. Вырожденные полупроводники. $P-n$ переход на их основе, энергетическая диаграмма, отличия от «обычных» $p-n$ переходов.
68. Туннельный диод. Требования к материалу $p-n$ перехода, принцип действия, вольтамперная характеристика и анализ ее формы с использованием энергетических диаграмм.
69. Обращенный диод. Требования к материалу $p-n$ перехода, принцип действия, вольтамперная характеристика и анализ ее формы с использованием энергетических диаграмм.
70. Динистор: структура, принцип действия, энергетическая диаграмма, два физических механизма его отпираания. Вольтамперная характеристика.
71. Тринистор: разновидности, подключение к источникам напряжений, физический механизм управления; вольтамперные характеристики. Параметры тиристоров (с указанием их на вольтамперной характеристике). Симметричный тиристор (симистор).
72. $P-n$ переход, облучаемый светом: физический механизм возникновения фотоЭДС. Энергетическая диаграмма перехода, облучаемого светом в режиме холостого хода.
73. $P-n$ переход, облучаемый светом: вольтамперные характеристики, физические причины их сдвига под действием света. Режим фотоэлемента, солнечные батареи.
74. $P-n$ переход, облучаемый светом: вольтамперные характеристики, физические причины их сдвига под действием света. Фотодиод: вольтамперные характеристики, физические причины их сдвига при увеличении светового потока. Параметр, характеризующий чувствительность.
75. Светодиод: физические явления, лежащие в основе его работы и принцип действия. Требования к материалу, из которого изготовлен светодиод. Способы изготовления светодиодов белого света.
76. Светодиод: обоснование выбора полярности подключения; механизм излучения света. Способы увеличения светоотдачи. Характеристики светодиодов.
77. Биполярный транзистор с изолированным затвором. Устройство, принцип действия, основные преимущества и недостатки прибора.
78. Гетеропереходы. Требования к полупроводниковым материалам. Выпрямляющий анизотипный гетеропереход: равновесная энергетическая диаграмма и ее особенности. Потенциальные барьеры для диффузии основных носителей заряда.
79. Прямое и обратное смещение выпрямляющего анизотипного гетероперехода, физическая природа прямого и обратного токов, вольтамперная характеристика.
80. Выпрямляющий изотипный n^+-n гетеропереход. Энергетические диаграммы. Токи при прямом и обратном смещении, причина меньшей инерционности по сравнению с анизотипным переходом.