

ВОПРОСЫ БИЛЕТОВ ПИСЬМЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО КУРСУ  
«ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ» («ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ»)

для групп 2342...

1/1, 4/1, 4/2, 5/1, 6/1.

2016/2017 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, её 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 и ее использование в полупроводниковых приборах (перечислить их разновидности).
17. Межзонная рекомбинация: разновидности, условия и физический механизм; степень вероятности процесса.
18. Рекомбинация через ловушки; её механизм в примесных полупроводниках. Отображение на энергетических диаграммах. Поверхностная рекомбинация.
19. Уравнение генерации-рекомбинации. Время жизни неравновесных неосновных носителей заряда.
20. Диффузия и дрейф подвижных носителей заряда, диффузионные и дрейфовые токи электронов и дырок. Понятие диффузионной длины. Подвижность.
21. Взаимосвязь диффузии и дрейфа подвижных носителей заряда. Полупроводник с неравномерной по объёму концентрацией примеси: процесс установления равновесия и энергетическая диаграмма; основная область применения.

22. 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.
23. Параметры  $p$ - $n$  перехода в равновесном состоянии: потенциальный барьер  $e\varphi_k$ , отображение на энергетической диаграмме: физические причины его возникновения; вывод формулы, порядок величины  $e\varphi_k$ .
24. Параметры  $p$ - $n$  перехода в равновесном состоянии: контактное электрическое поле  $\epsilon_k$ ; физические причины его возникновения, вывод формулы, порядок величины  $\epsilon_k$ , распределение поля в пределах перехода.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. Характер распределения концентраций неосновных носителей заряда при прямом и обратном смещении  $p$ - $n$  перехода; физические причины.
29. Вольтамперная характеристика идеализированного  $p$ - $n$  перехода: основные допущения, вывод формулы, график.
30. Зависимость вольтамперной характеристики идеализированного  $p$ - $n$  перехода от температуры и материала, из которого он изготовлен и обуславливающие ее физические причины.
31. Факторы, отличающие реальный  $p$ - $n$  переход от идеализированного. Ток при обратном включении реального перехода.
32. Факторы, отличающие реальный  $p$ - $n$  переход от идеализированного. Ток при прямом включении реального перехода.
33. Лавинный пробой  $p$ - $n$  перехода: физическая картина, требования к полупроводниковому материалу, вольтамперная характеристика, зависимость напряжения пробоя от температуры, физическая причина этой зависимости.
34. Туннельный пробой  $p$ - $n$  перехода: физическая картина, требования к материалу перехода, вольтамперная характеристика, зависимость напряжения пробоя от температуры, физическая причина этой зависимости.
35. Стабилитроны: принцип действия, разновидности, вольтамперные характеристики, их зависимость от температуры. Физический принцип компенсации температурной зависимости рабочего напряжения стабилитрона.
36. Емкость  $p$ - $n$  перехода, ее особенности и разновидности. Барьерная емкость, ее физическая природа и зависимость от напряжения на переходе.
37. Емкость  $p$ - $n$  перехода, ее особенности и разновидности. Диффузионная емкость и ее физическая природа. Зависимость диффузионной емкости от напряжения на переходе.
38. Переходные процессы в диоде; физические причины их существования. Установление прямого напряжения на диоде при низком и высоком уровнях инжекции.
39. Переходные процессы в диоде, физические причины их существования. Восстановление обратного сопротивления диода (тока через диод и напряжения на нём). Время восстановления, заряд переключения. Физические процессы инерционности.
40. Факторы, влияющие на образование выпрямляющего и омического контактов металл-полупроводник. Омический контакт металл-полупроводник, его разновидности. Энергетические диаграммы.
41. Выпрямляющий контакт (барьер Шоттки) металл-кремний  $n$ -типа. Условия его формирования; энергетическая диаграмма, прямой и обратный токи. Физическая причина отличия его свойств от свойств  $p$ - $n$  перехода.
42. Энергетическая диаграмма полупроводника  $n$ -типа при наличии отрицательного поверхностного заряда  $Q_{пов}$ . Влияние  $Q_{пов}$  на свойства контакта металл-полупроводник.
43. Сравнение вольтамперных характеристик кремниевого  $p$ - $n$  перехода и барьера Шоттки (металл –  $n$ -Si) с одинаковыми параметрами. Физические причины их различия.

44. Биполярный транзистор (БТ): определение, структура, режимы работы, схемы включения  $n^+p-n$  БТ в активном режиме.
45. Физические процессы в БТ при переносе эмиттерного тока в коллектор через базу в активном режиме. Энергетическая диаграмма. Дрейфовый БТ, его особенности и преимущества.
46. Токи в БТ, включенном в схему с общей базой и общим эмиттером. Коэффициенты передачи тока, их взаимосвязь и порядок величины.
47. Распределения концентраций неосновных носителей в базе в различных режимах работы БТ и физические процессы, определяющие их характер.
48. Модуляция ширины базы БТ. Обратная связь по напряжению. Примеры влияния этого фактора на вольтамперные характеристики БТ. Эффект Кирка.
49. Входные вольтамперные характеристики БТ в схеме с общей базой; влияние на них выходного напряжения  $U_{кб}$  и его физическая причина.
50. Семейство выходных вольтамперных характеристик БТ в схеме с общей базой; участки, соответствующие различным режимам работы и их физическая интерпретация.
51. Входные вольтамперные характеристики БТ в схеме с общим эмиттером, влияние на них выходного напряжения  $U_{кэ}$  и его физическая причина.
52. Выходные вольтамперные характеристики БТ в схеме с общим эмиттером. Анализ их формы и причин отличия от выходных ВАХ в схеме с общей базой.
53. Влияние температуры на величину тока коллектора БТ в схемах с общей базой и общим эмиттером и на положение выходных вольтамперных характеристик.
54. БТ как линейный четырехполюсник.  $h$ -параметры, их названия и физический смысл; возможность их определения по вольтамперным характеристикам.
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. Анализ причин инерционности БТ в схеме ключа. Пути улучшения импульсных свойств. БТ с диодом Шоттки: устройство и 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. Факторы, влияющие на величину крутизны и напряжения отсечки ПТ с управляющим переходом, физические причины. Параметры малого сигнала ( $g$ -параметры).
61. Полевой транзистор с изолированным затвором (ПТИЗ). Определение, разновидности, устройство. Подложка как второй затвор. Принцип управления током стока по затвору и подложке в ПТИЗ со встроенным каналом.
62. Эффект поля в полупроводнике: режимы обеднения, инверсии и обогащения. Физический принцип формирования индуцированного канала в ПТИЗ.
63. Механизм образования индуцированного канала в ПТИЗ. Статические ВАХ прямой передачи ПТИЗ с индуцированным каналом; физические процессы, обуславливающие их форму и зависимость от напряжения затвор-исток.
64. Механизм образования индуцированного канала в ПТИЗ. Статические выходные ВАХ ПТИЗ с индуцированным каналом; физические процессы, обуславливающие их форму.
65. ПТИЗ со встроенным каналом: устройство, полярность напряжений на затворе, стоке и подложке относительно истока. Режимы обеднения и обогащения в канале. ВАХ прямой передачи анализ её формы. Условность понятия «встроенный канал».
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. Фотодиод: устройство, принцип действия, 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: подключение к источнику напряжения и обоснование выбора полярности; способы увеличения доли излучательных переходов. Характеристики светодиодов.
77. Гетеропереходы. Требования к полупроводниковым материалам. Выпрямляющий анизотипный гетеропереход: равновесная энергетическая диаграмма и ее особенности. Вольтамперная характеристика, природа прямого и обратного токов.
78. Гетеропереходы. Требования к полупроводниковым материалам. Прямое смещение выпрямляющего анизотипного гетероперехода. Энергетическая диаграмма. Односторонняя инжекция. Обратное смещение, природа обратного тока.
79. Выпрямляющий изотипный  $n^+-n$  гетеропереход. Требования к полупроводниковым материалам. Равновесная энергетическая диаграмма и ее особенности. Токи при прямом и обратном смещении.
80. Невыпрямляющие («омические»)  $n^+-n$  переходы на основе одинаковых и различных полупроводниковых материалов.