

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

по дисциплине «Полупроводниковая электроника»

1. Вывести вольт-амперную и вольт-фарадную характеристики р-п перехода. Объяснить физическую природу обратного тока диода. С использованием зонной диаграммы и распределения концентрации электронов и дырок дать качественную интерпретацию наличию небольшого наклона на участке насыщения обратной ветви ВАХ для реальных р-п переходов.
2. Вывести вольт-амперную характеристику р-п перехода. По аналогии с р-п переходом объяснить процессы протекания тока в гетеропереходе. Объяснить причины возникновения униполярной инжекции в биполярном гетеропереходе. Оценить соотношение электронной и дырочной компоненты токов в биполярном гетеропереходе. В какой конструкции гетероперехода возможна биполярная инжекция?
3. Вывести вольт-амперную и вольт-фарадную характеристику диода Шоттки. Как будет трансформироваться вольт-фарадная характеристика и напряжение пробоя $\text{Au-p}^- \text{-p}^+$ диода Шоттки при уменьшении толщины п-слоя? Ответы обосновать с помощью зонной диаграммы. Объяснить технологию изготовления барьерного и омического контактов (фотолитография, напыление, травление, «взрыв»)
4. Объяснить распределение концентрации электронов, наличие электрического поля и потенциального барьера на границе $\text{n}^+ \text{-p}$ перехода. Используя условия равновесия в такой системе вывести соотношение Эйнштейна. Объяснить физический смысл теплового потенциала как коэффициента пропорциональности между подвижностью и коэффициентом диффузии.
5. Найти положение уровня Ферми и концентрацию электронов в собственном германии при температуре 600 К, если известно, что ширина запрещенной зоны при таких температурах меняется по закону $E_g = (0.7 - 3 \cdot 10^{-4} T(K))$ эВ ($m_n = 0.02 m_0$, $m_p = 0.2 m_0$). Как зависит уровень Ферми от температуры в примесном полупроводнике и получить (качественно) зависимость контактной разности потенциалов в р-п переходе от температуры.
6. Получив зависимость крутизны ВАХ полевого транзистора с затвором Шоттки и его коэффициента статического усиления от напряжения на затворе и уровня легирования канала, объяснить преимущество канала на основе двумерного электронного газа.
7. Получить зависимость коэффициента усиления полевого транзистора с управляющим р-п переходом от концентрации примеси в канале и напряжения на затворе. Для конкретной выходной ВАХ транзистора построить нагрузочную прямую и графически (качественно) определить динамический диапазон амплитуды входного сигнала (в схеме с общим истоком) для которого реализуется режим линейного усиления.
8. Объяснить преимущества гетеробиполярного транзистора перед биполярным для чего численно оценить: 1) степень влияния униполярной инжекции на коэффициент переноса носителей через базу; 2) амплитуду встроенного поля в варизонной базе и связанного с ним увеличения скорости носителей заряда;
9. Вывести ВАХ ПТ с управляющим р-п переходом. Качественно, исходя из распределений концентрации носителей заряда и напряженности электрического поля вдоль канала транзистора, объяснить причины возникновения участка насыщения на выходной ВАХ транзистора. Объяснить правила выбора сопротивления нагрузки и напряжения питания транзистора для получения максимальной мощности выходного сигнала.

10. Вывести ВАХ МДП транзистора с индуцированным каналом. Качественно, используя зонную диаграмму и распределение электрического поля в транзисторе, объяснить причины возникновения насыщения на выходной ВАХ транзистора. Вывести коэффициент статического усиления прибора и объяснить почему для реализации максимального усиления транзистора необходимо использовать участок насыщения выходной ВАХ.
11. Вывести ВАХ биполярного транзистора. Объяснить причины наличия небольшого наклона на выходных ВАХ транзистора (эффект Эрли). Для ответа использовать зонную диаграмму, график распределения концентраций электронов и дырок от продольной координаты в структуре транзистора и эквивалентную схему. Объяснить технологию формирования биполярного транзистора с помощью ионного легирования.
12. На конкретном примере распределения электрического поля вдоль канала полевого транзистора с коротким затвором объяснить физический смысл уравнений релаксации энергии и импульса электронов в полупроводнике. *Количественно* оценить длину затвора GaAs полевого транзистора Шоттки при которой эффект всплеска скорости будет давать наибольший положительный эффект (считать времена релаксации энергии и импульса известными)?
13. Исходя из времени релаксации импульса (10^{-13} с), эффективной массы электронов ($0.55 m_0$ для GaAs и $0.2 m_0$ для Si) и ширины запрещенной зоны (1.2 эВ в Si и 1.4 эВ в GaAs) оценить напряженность поля при котором возникает лавинный пробой в GaAs и Si.
14. Вывести соотношение для плотности состояний в полупроводниковом кристалле. Получить выражение для концентрации электронов в зоне проводимости исходя из плотности состояний и функции Ферми. Объяснить при каких условиях электронный газ является вырожденным.
15. В однородный полубесконечный электронный полупроводник с поверхности $x=0$ стационарно инжектируются дырки. Вдоль образца в направлении x приложено электрическое поле E . Определить на каком расстоянии от поверхности образца концентрация неравновесных дырок уменьшится в e раз. Коэффициент диффузии дырок D_p , подвижность μ_p и время жизни τ_p . Объяснить чем отличаются характеристики (ВАХ, ВФХ и т.д.) фоторезистора и фотодиода Шоттки.