

Вопрос **Инфо**

Уважаемые участники!

Олимпиадное задание по направлению «Электроника и наноэлектроника» состоит только из инвариантной части. Это означает, что вам нужно постараться решить все задачи и ответить на все вопросы, чтобы претендовать на призовые места.

Все задания выполняются в этой системе: **решения вносите в специальное поле для ответов**. Если решение требует указания формул, графиков и схем, можно выполнить решение на чистых листах А4. При выполнении заданий можно использовать черновик (в качестве черновика разрешено использовать чистые листы бумаги) и загрузить фото/скан черновиков и рукописной работы в конце состязания (на это у вас будет 15 минут).

Во время состязаний вы можете использовать:

- встроенный в систему калькулятор;
- линейку и карандаш;
- графические редакторы и принтер для работы с изображениями в тексте заданий.

В последние 15 минут, когда таймер подсветится красным, выполнять задания запрещено: это время отведено на загрузку файлов. Если справитесь с заданиями раньше, можете не дожидаться последних 15 минут, а начинать загружать файлы и завершать работу, но с момента начала фотографирования/сканирования делать пометки в работе уже не разрешается.

Верим в ваш успех!

Вопрос **1**

Балл: 5,00

В схеме, изображенной на рис. 1,

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 100 \text{ Ом.}$$

$$R_5 = 50 \text{ Ом.}$$

$$E = 10 \text{ В.}$$

Определить показания амперметра.

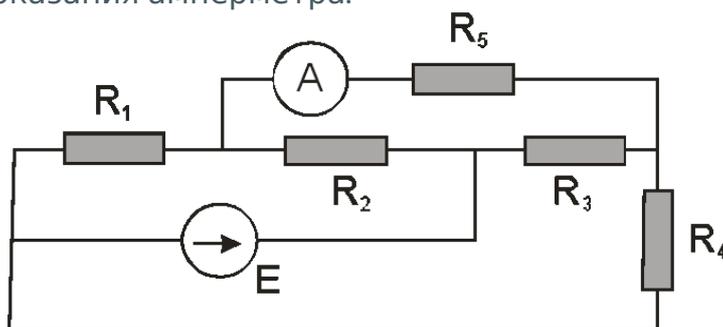


Рис. 1

Вопрос 2

Балл: 5,00

Для схемы, изображенной на рис.2, рассчитать показание вольтметра, учитывая, что
 $R_1 = 100 \text{ Ом}$,
 $R_2 = 80 \text{ Ом}$,
 $E = 10 \text{ В}$,
 а вольт-амперная характеристика диода изображена на рисунке.
 $V_0 = 1 \text{ В}$.

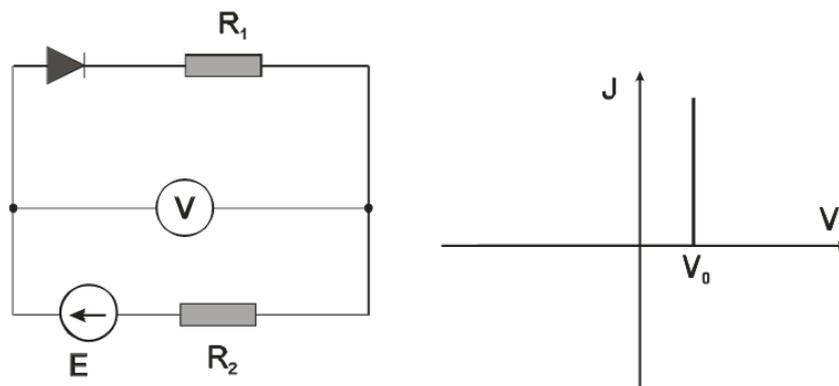


Рис.2

Вопрос 3

Балл: 5,00

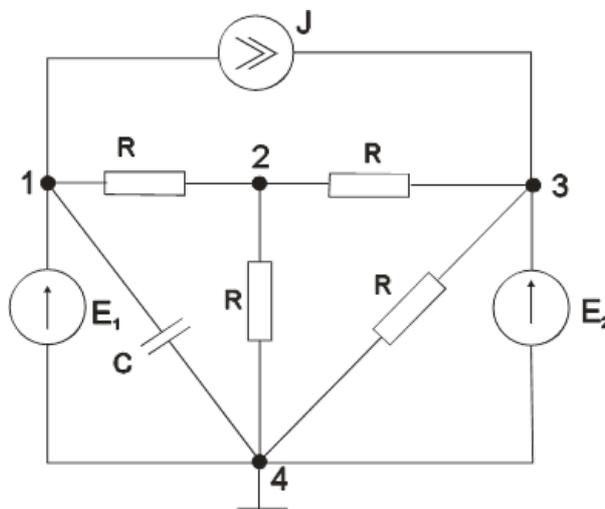


Рис.3

Дано:

$$E_1 = 10 \text{ В},$$

$$E_2 = 50 \text{ В},$$

ток источника тока 1 А ,

$$C = 500 \text{ пФ},$$

$$R = 500 \text{ Ом}.$$

Определить разность потенциалов между точками 3 и 4. Решение объяснить.

Вопрос 4

Балл: 15,00

Гипотетический полупроводник с шириной запрещенной зоны 0,8 эВ легирован донорной примесью в концентрации $N_D = 4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$.

Энергия активации примеси 0,05 эВ.

При некоторой температуре T_1 уровень Ферми E_F располагается в запрещенной зоне на расстоянии 0,05 эВ ниже дна зоны проводимости E_C . Концентрация собственных носителей заряда при температуре T_1 равна $n_i = 5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$.

На рисунке 4 приведена соответствующая энергетическая диаграмма.

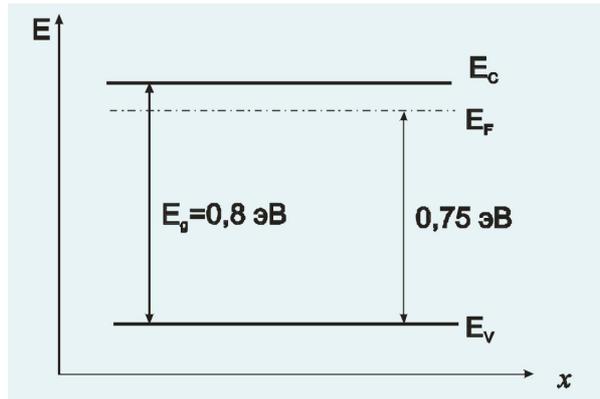


Рис.4. Энергетическая диаграмма полупроводника

Определить равновесные концентрации основных и неосновных носителей заряда при температуре T_1 .

Вопрос 5

Балл: 20,00

На рисунке 5-1 приведена полупроводниковая $p-i-n$ структура. p - и n -области легированы одинаково и однородно, i - область с собственной проводимостью. Температура структуры соответствует области истощения примеси.

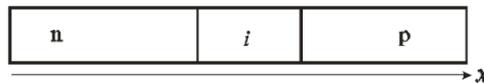


Рис. 5-1.

Требуется:

1. Нарисовать графики зависимости от координаты x плотности объемного заряда ρ (в приближении объемного заряда) и напряжённости электрического поля E в этой структуре в равновесном состоянии.
2. На этих же графиках показать, как изменятся эти зависимости при подаче на структуру некоторого обратного смещения (рис. 5-2).

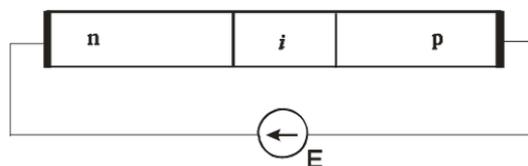


Рис. 5-2.

Вопрос 6

Балл: 25,00

Имеется ступенчатый $p^+ - n$ -переход (рис.6-1). Требуется нарисовать стилизованные энергетические диаграммы для этого перехода без учета базового сопротивления для трех случаев: равновесное состояние, прямое смещение, обратное смещение. Отдельно показать (графически) как изменятся эти диаграммы с учетом базового сопротивления

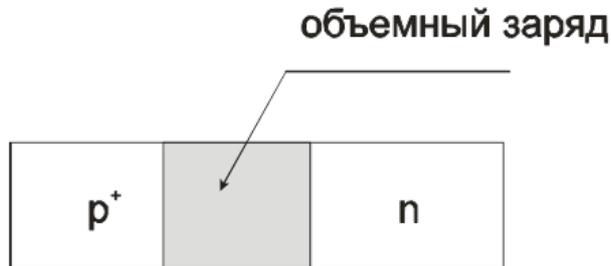


Рис. 6-1. Исследуемая структура

Вопрос 7

Балл: 25,00

На рис. 7-1 приведена условная конструкция и схема включения бездрейфового биполярного транзистора.

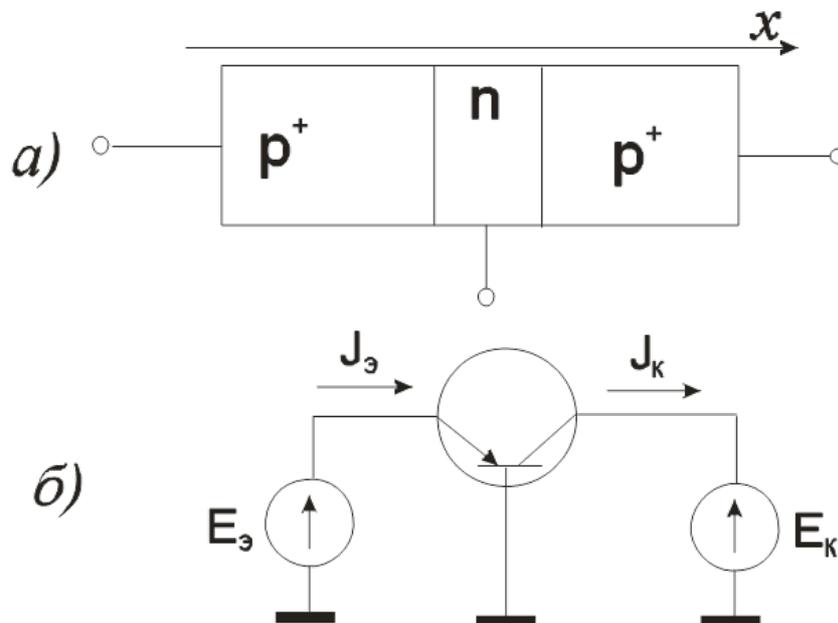


Рис.7-1. Условная конструкция биполярного бездрейфового транзистора (а) и схема, обеспечивающая активный режим работы транзистор (б).

Для упрощения задачи считать все три области однородно легированными. Концентрации типозадающей примеси в p -областях структуры одинаковыми и втрое больше концентрации доноров в базовой области структуры. Так же следует считать, что коэффициент переноса дырок через базу транзистора равен единице. Т.е. $J_{pэ} / J_{pk} = 1$ ($J_{pэ}$ - дырочная компонента тока эмиттера, J_{pk} - дырочная компонента тока коллектора).

При данных условиях коэффициент передачи тока эмиттера можно принять за 1. Дырки через базу переносятся исключительно за счет диффузии, т.е. ток коллектора определяется градиентом концентрации

дырок в базе транзистора.

Для заданной структуры и заданных параметров схемы на рис.7-2 приведено (в первом приближении) распределение концентрации дырок в активной базе по координате x (см. рис.7-1).

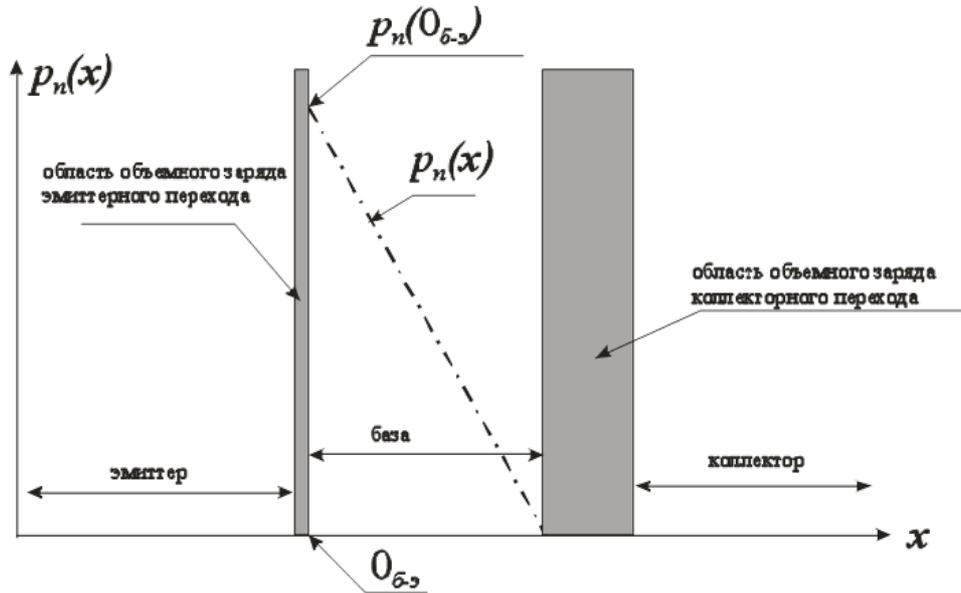


Рис. 7-2

Выполните задания:

- Нарисовать распределение по координате x концентрации неосновных носителей заряда во всех трех областях транзистора для равновесного состояния (т.е. в отсутствии источников питания).
- Нарисовать (по сравнению с рис. 7-2) как изменится распределение дырок в базе если концентрацию типозадающей примеси в базовой области транзистора уменьшить вдвое при неизменных всех остальных параметрах конструкции транзистора и схемы включения.
- Определить, как при этом изменится ток коллектора