

Межрегиональный центр переподготовки специалистов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине «Элементная база телекоммуникационных систем»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Новосибирск, 2024

Содержание

1. Задание на подготовку к выполнению лабораторной работы	3
2. Теоретическое введение	3
3. Задание на выполнение лабораторной работы	5
4. Содержание отчета	6
5. Контрольные вопросы.....	6
Приложение А.....	7

1 Задание на подготовку к выполнению лабораторной работы

Тема: Исследование полупроводниковых устройств

Цель работы: 1. Изучить характеристики выпрямительного диода.
2. Приобрести навыки работы с измерительными приборами, а также по обработке и оформлению полученных результатов.

Вариант определяется по последней цифре пароля.

2 Теоретическое введение

p-n переход – это контакт двух проводников с различным типом проводимости. Изготавливается он обычно из одного кристалла полупроводника, в котором формируются области с повышенной концентрацией акцепторной примеси (*p*-область) и донорной примеси (*n*-область).

В зависимости от технологии изготовления существуют различные типы *p-n* переходов, например - резкий или плавный *p-n* переходы. В резком переходе область изменения концентрации примеси значительно меньше толщины области пространственного заряда, который образуется за счет диффузии электронов и дырок, а в плавном переходе - наоборот.

Если переход находится в равновесии (внешнее электрическое поле отсутствует), то его состояние определяется двумя конкурирующими процессами:

1) диффузией основных носителей - дырок из *p*-области в *n*-область и диффузией электронов в обратном направлении;

2) дрейфом неосновных носителей под действием поля перехода.

В условиях равновесия полный ток через переход (дрейфовый плюс диффузионный) носителей каждого знака равен нулю .

Если приложить к переходу разность потенциалов U , то величину полного тока через переход можно попытаться определять по следующей приближённой формуле:

$$I \approx I_0 \left(e^{\pm \frac{qU}{kT}} - 1 \right), \quad (2.1)$$

где: I_0 – ток насыщения ($I_{\text{обр max}}$); [А]

q – заряд электрона; [К]

k – постоянная Больцмана; [Дж/К]

T – абсолютная температура;

U – приложенное к переходу внешнее напряжение, причем «+» (плюс) – соответствует прямому напряжению, «-» (минус) – соответствует обратному напряжению; [В].

Вольт – амперная характеристика диода представлена на рисунке 2.1.

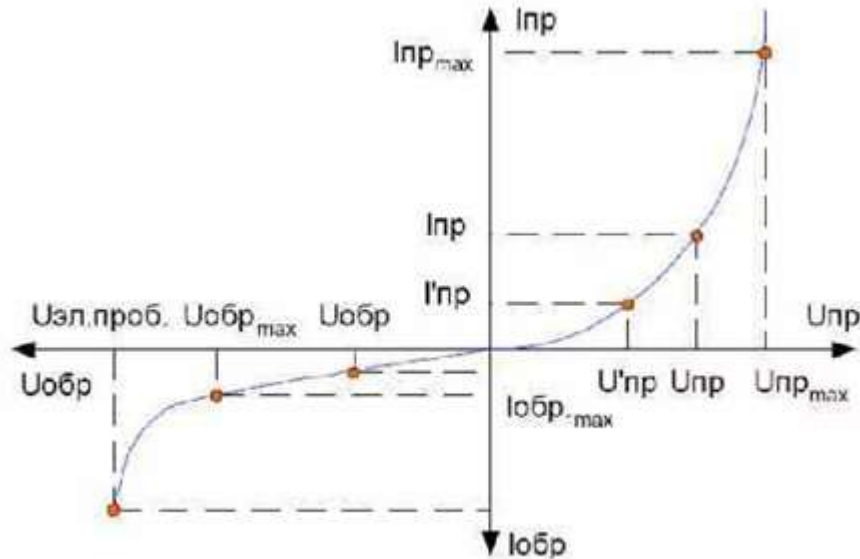


Рисунок 2.1 - Вольт – амперная характеристика полупроводникового диода

Выпрямительный диод

ВАХ выпрямительного диода можно описать математической формулой (2.2).

$$U_{np} = \varphi_T \cdot \ln \left(\frac{I_{np} + I_o}{I_o} \right), \quad (2.2)$$

где $\varphi_T = 25$ мВ;
 $I_o = 2,48 \cdot 10^{-11}$ А.

Стабилитрон

Ток стабилитрона определяется по формуле (2.3).

$$I_{cm} = 0,5 \cdot (I_{cm \min} + I_{cm \max}). \quad (2.3)$$

Обратную ветвь ВАХ стабилитрона можно описать формулой (2.4).

$$U_{обр} = U_{ст} \cdot M \sqrt{1 - \frac{I_{л}}{I_{обр}}}, \quad (2.4)$$

где $I_{л} = -10^{-4} \text{ А}$ – обратный (дрейфовый) ток в обедненной зоне;

$U_{ст}$ - номинальное напряжение стабилизации;

M – коэффициент лавинного размножения ($M=5$).

3 Задание на выполнение лабораторной работы

1. Выбрать выпрямительный диод в соответствии с вариантом и записать значения следующих параметров диода:

- предельно-допустимый постоянный прямой ток $I_{np \max}$;
- предельно-допустимое обратное напряжение $U_{обр \max}$.

Характеристики выпрямительного диода приведены в Приложении А.

2. Построить прямую ветвь ВАХ выпрямительного диода. Для построения прямой ветви ВАХ использовать формулу 2.2.

3. Задать 6 значений прямого тока, которые вычисляются по выражениям во 2-м столбце таблицы 3.1. Полученные значения являются рекомендуемыми, их допускается округлять до ближайшего «удобного» числа.

Таблица 3.1 - Прямая ветвь ВАХ диода типа ...

№	I_{np} , мА		U_{np} , В
	формула	Рассчитанное значение	
1	2	3	4
1.	$0.05 \cdot I_{np \max}$		
2.	$0.1 \cdot I_{np \max}$		
3.	$0.3 \cdot I_{np \max}$		
4.	$0.5 \cdot I_{np \max}$		
5.	$0.7 \cdot I_{np \max}$		
6.	$0.95 \cdot I_{np \max}$		

4. Выбрать стабилитрон, в соответствии с вариантом и записать значения следующих параметров стабилитрона:

- минимальный ток стабилизации $I_{ст \min}$;
- максимальный ток стабилизации $I_{ст \max}$;
- номинальное напряжение стабилизации $U_{ст}$.

Характеристики выпрямительного диода приведены в Приложении А.

5. Построить обратную ветвь ВАХ стабилитрона. Для построения обратной ветви ВАХ использовать формулу 2.4.

6. Задать 5 значений обратного тока, которые вычисляются по выражениям во 2-м столбце таблицы 3.2. Полученные значения являются рекомендуемыми, их допускается округлять до ближайшего «удобного» числа.

Таблица 3.2 – Обратная ВАХ стабилитрона типа ...

№	$I_{обр}, \text{mA}$		$U_{обр}, \text{В}$
	формула	Рассчитанное значение	
1	2	3	4
1.	$0.5 \cdot I_{ст \min}$		
2.	$I_{ст \min}$		
3.	$0.2 \cdot I_{ст \max}$		
4.	$0.5 \cdot I_{ст \max}$		
5.	$0.95 \cdot I_{ст \max}$		

7 По значениям таблиц 3.1 и 3.2 построить график ВАХ полупроводниковых диодов.

4 Содержание отчета

1. Тема и цель лабораторной работы.
2. Таблицы рассчитанных значений.
3. Графики ВАХ исследованных диодов.
4. Выводы по результатам проведенных исследований.
5. Ответы на контрольные вопросы.

6. Контрольные вопросы

1. Перечислите эксплуатационные параметры выпрямительного диода и стабилитрона. Показать основные режимы работы выпрямительного диода и стабилитрона на графической характеристике.
2. Какой полупроводниковый диод работает в режиме пробоя? Какие функции выполняет данное устройство в режиме пробоя?
3. Перечислите отличия и сходство между выпрямительными диодами и стабилитронами.
4. Приведите условно-графическое изображение выпрямительных диодов и стабилитронов, как называются выводы (электроды) полупроводниковых диодов и какая полярность должна подаваться на данные электроды для выполнения полупроводниковыми выпрямительными диодами и стабилитронами основных функций

Характеристики выпрямительного диода

ВАРИАНТЫ	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	Forward Current, мА	Reverse Voltage, В
0	Zelex FMMV2107	200	30
1	Zelex BAS20	200	150
2	Zelex BAS16	250	85
3	Zelex BAV70	300	53
4	Zelex BAL74	150	50
5	Zelex BAS19	200	100
6	Zelex BAS21	200	200
7	Zelex FMMV2109	200	30
8	Zelex FMMD914	225	75
9	Zelex FMMD914	225	75

Характеристики стабилитрона

ВАРИАНТЫ	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	$I_{cm \max}$, мА	$I_{cm \min}$, мА	U_{cm}, В
0	motor 1n 1N5923B	182	45,7	8,2
1	motor 1n 1N5933B	68	17	22
2	motor 1n 1N5924B	164	41,2	9,1
3	motor 1n 1N5934B	62	15,6	24
4	motor 1n 1N5926B	136	34,1	11
5	motor 1n 1N5927B	125	31,2	12
6	motor 1n 1N5936B	50	12,5	30
7	motor 1n 1N5930B	93	23,4	16
8	general Z4KE110A	13	5	104
9	general Z4KE160A	9	5	152