

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Кафедра информатики и управления в технических системах

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы по дисциплине
"Технические средства и элементная база
робототехнических систем "
для студентов направления подготовки
27.03.04 – Управление в технических системах



Севастополь
СевГУ
2019

УДК 621.382 (076)
ББК 32.852я73
И88

Р е ц е н з е н т:

В.А. Карапетьян – доцент кафедры "Информатика и управление в технических системах", кандидат техн. наук, доцент

Составитель: А. Е. Осадченко

И88 **Исследование характеристик полупроводниковых приборов:** метод. указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине "Технические средства и элементная база робототехнических систем" для студентов направления подготовки 27.03.04 Управление в технических системах / Сост. А. Е. Осадченко. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 19 с.

В методических указаниях приводится описание лабораторной работы, целью которой является исследование характеристик полупроводниковых приборов с применением лабораторных стендов «Основы электроники-2».

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 27.03.04 Интеллектуальные робототехнические системы.

УДК 621.382 (076)

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры "Информатика и управления в технических системах", протокол № 6 от 14 февраля 2019 г.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании ученого совета Института информационных технологий и управления в технических системах, протокол № 5 от 25 апреля 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
2.2 ДИОДЫ	4
2.3 ДИОДЫ ШОТТКИ.....	5
2.4 СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЕ ДИОДЫ	6
2.5 СТАБИЛИТРОНЫ	6
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	8
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	8
4. 1 СНЯТИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИСТОРА	8
4. 2 СНЯТИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА.....	10
4. 3 СНЯТИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА ШОТТКИ	111
4. 4 СНЯТИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОДИОДА.....	122
4. 5 СНЯТИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАБИЛИТРОНА.....	133
5. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	15
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	16
7. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ.....	166
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	166
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	188
ПРИЛОЖЕНИЕ А	199

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование характеристик диодов, стабилитронов, светоизлучающих диодов.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Диоды

Полупроводниковым диодом называют прибор, который имеет два вывода и содержит один (или несколько) Р-N-переходов [1, с. 19]. Все полупроводниковые диоды можно разделить на две группы: выпрямительные и специальные. Выпрямительные диоды, как следует из самого названия, предназначены для выпрямления переменного тока. В зависимости от частоты и формы переменного напряжения они делятся на высокочастотные, низкочастотные и импульсные. Специальные типы полупроводниковых диодов используют различные свойства Р-N-переходов; явление пробоя, барьерную емкость, наличие участков с отрицательным сопротивлением и др.

Конструктивно *выпрямительные диоды* делятся на плоскостные и точечные, а по технологии изготовления на сплавные, диффузионные и эпитаксиальные [2, с. 17]. Плоскостные диоды благодаря большой площади Р-N-перехода используются для выпрямления больших токов. Точечные диоды имеют малую площадь перехода и, соответственно, предназначены для выпрямления малых токов. Напряжение лавинного пробоя выпрямительных диодов может превышать 1000 В.

Для увеличения напряжения лавинного пробоя используются выпрямительные столбы, состоящие из ряда последовательно включенных диодов.

Выпрямительные диоды большой мощности называют силовыми. Материалом для таких диодов обычно служит кремний или арсенид галлия. При большом токе через Р-N-переход значительное напряжение падает в объеме полупроводника, и пренебрегать им нельзя. С учетом выражения (3) вольтамперная характеристика выпрямительного диода приобретает вид

$$I_{\text{пр.}} = I_{\text{дифф.}} = I_S e^{(U - IR) / \varphi_T}$$

где R — сопротивление объема полупроводникового кристалла, которое называют последовательным сопротивлением.

Полупроводниковые диоды относятся к нелинейным элементам для описания которых используют дифференциальное сопротивление в заданной области вольтамперной характеристики (ВАХ), которое равно отношению малого приращения напряжения к приращению тока через элемент [1, с. 20]

$$R_{\text{дифф}} = \frac{dU}{dI}.$$

Условное графическое обозначение полупроводникового диода, его структура и ВАХ приведены на рис. 1. Электрод диода, подключенный к области Р, называют анодом, а электрод, подключенный к области N, — катодом.

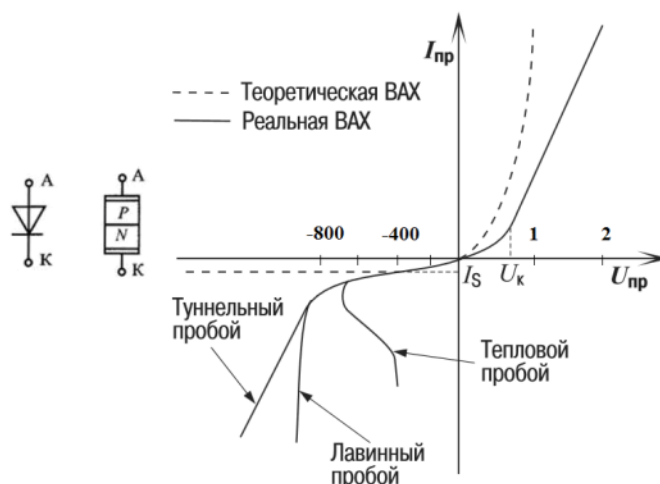


Рис. 1. Полупроводниковый диод и его ВАХ

2.2. Диоды Шоттки

Для выпрямления малых напряжений высокой частоты широко используются диоды с барьером Шоттки (ДШ). В этих диодах вместо P-N-перехода используется контакт металлической поверхности с полупроводником [1, с. 22]. В месте контакта возникают обедненные носителями заряда слои полупроводника, которые называются запиорными. ДШ отличаются от диодов с P-N-переходом по следующим параметрам:

- более низкое прямое падение напряжения;
- имеют более низкое обратное напряжение;
- более высокий ток утечки;
- почти полностью отсутствует заряд обратного восстановления.

Условное графическое обозначение полупроводникового диода с барьером Шоттки, приведено на рис. 2.



Рис. 2. Полупроводниковый диод с барьером Шоттки

Две основные характеристики делают эти диоды незаменимыми при проектировании низковольтных высокочастотных выпрямителей: малое прямое падение напряжения и малое время восстановления обратного напряжения [1, с. 23]. Кроме того, отсутствие неосновных носителей, требующих времени на обратное восстановление, означает физическое отсутствие потерь на переключение самого диода.

В диодах с барьером Шоттки прямое падение напряжения является функцией обратного напряжения. Максимальное обратное напряжение современных диодов Шоттки составляет сотни вольт. При этом напряжении прямое напряжение диодов Шоттки меньше прямого напряжения диодов с P-N-переходом на 0,2...0,3 В.

Преимущества диода Шоттки становятся особенно заметными при выпрям-

лении малых напряжений. Например, 45-вольтовый диод Шоттки имеет прямое напряжение 0,4...0,6 В, а при том же токе диод с P-N-переходом имеет падение напряжения 0,5... 1,0 В. При понижении обратного напряжения до 15 В прямое напряжение уменьшается до 0,3...0,4 В. В среднем применение диодов Шоттки в выпрямителе позволяет уменьшить потери примерно на 10... 15 %. Максимальная рабочая частота ДШ превышает 200 кГц при токе более 30 А.

2.3. Светоизлучающие диоды

При пропускании электрического тока через P-N-переход в прямом направлении носители заряда — электроны и дырки — могут рекомбинировать с излучением фотонов (из-за перехода электронов с одного энергетического уровня на другой). При использовании различных полупроводниковых материалов можно получить излучение в диапазоне от инфракрасного до ультрафиолетового. Схема включения светодиода приведена на рис. 3.

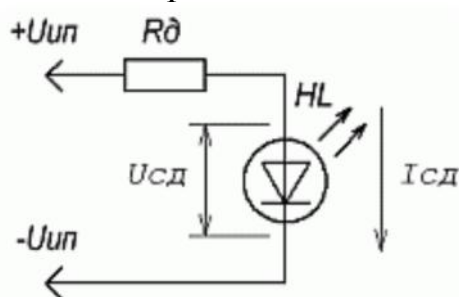


Рис. 3. Схема включения светодиода

Токоограничивающий добавочный резистор R_d можно рассчитать по формуле

$$R_d = (U_{ип} - U_{сд}) / I_{сд}, \quad (5)$$

где R_d - сопротивление токоограничивающего резистора;

$U_{ип}$ - напряжение источника питания;

$U_{сд}$ - падение напряжения на светодиоде;

$I_{сд}$ - рабочий ток светодиода.

Мощность, рассеивающуюся на светодиоде можно рассчитать по формуле

$$P_{сд} = I_{сд} \cdot U_{сд}. \quad (6)$$

Мощность, рассеивающаяся на добавочном резисторе R_d можно рассчитать по формуле

$$P_d = R_d I_{сд}^2. \quad (7)$$

2.4. Стабилитроны

Для поддержания постоянства напряжения в цепях питания электронной аппаратуры широко используются стабилитроны. Стабилитроны (диоды Зенера) — это полупроводниковые диоды, предназначенные для стабилизации напряжений. Стабилитрон является разновидность полупроводникового диода, работающего при напряжении обратного смещения в режиме лавинного или туннельного пробоя. До момента наступления электрического пробоя P-N-перехода через ста-

билитрон течет очень малый ток утечки, а его сопротивление достаточно высокое. В момент пробоя ток через него резко увеличивается, а дифференциальное сопротивление стабилитрона снижается до малых величин. За счет этого в режиме пробоя напряжение на стабилитроне поддерживается с удовлетворительной точностью в большом диапазоне обратных токов.

ВАХ стабилитрона показанная на рис. 4, а схема стабилизатора напряжения на рис. 5.

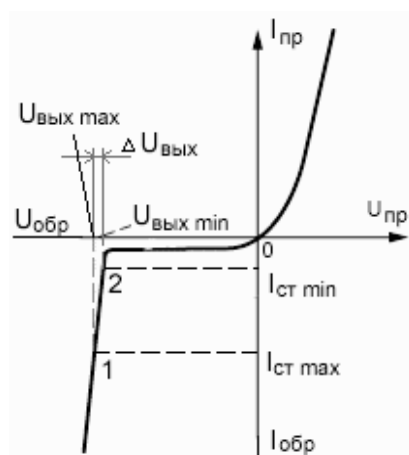


Рис. 4. ВАХ стабилитрона

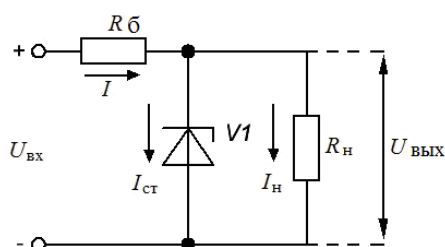


Рис. 5. Схема стабилизатора напряжения

Работа стабилизатора основана на том свойстве стабилитрона, что на рабочем участке вольтамперной характеристики (от $I_{ст. min}$ до $I_{ст. max}$) напряжение на стабилитроне практически не изменяется [1, с. 21].

В приведенной схеме, при изменении входного напряжения или тока нагрузки - напряжение на нагрузке R_n изменяется незначительно (оно остаётся таким же, как и на стабилитроне), вместо этого изменяется ток через стабилитрон. Так как $U_{вх} = U_{вых} + I_{R_б} R_б$, то для случая $R_n \gg R_б$

$$U_{вх} \approx U_{вых} + I_{ст} R_б \quad (8)$$

Излишки входного напряжения гасятся балластным резистором $R_б$, величина падения напряжения на этом резисторе зависит от тока через него, а ток через него зависит в том числе от тока через стабилитрон $I_{ст}$, и таким образом, получается, что изменение тока через стабилитрон регулирует величину падения напряжения на балластном резисторе.

Для нормальной работы такого стабилизатора необходимо, чтобы ток $I_{ст}$, протекающий через стабилитрон, не был меньше, чем $I_{ст. min}$, и не больше, чем $I_{ст. max}$. При изменении тока, протекающего через стабилитрон в этих пределах, на

нем и на подключенной параллельно ему нагрузке R_n напряжение, называемое напряжением стабилизации U_{CT} стабилитрона, изменяется незначительно.

Одним из важнейших параметров стабилизатора является коэффициент стабилизации ($K_{ст}$), количественно равный отношению относительного изменения напряжения на входе стабилизатора ($\Delta U_{вх}/U_{вх}$) к относительному изменению напряжения на его выходе ($\Delta U_{вых}/U_{вых}$)

$$K_{ст.} = \frac{\Delta U_{вх} U_{вых}}{\Delta U_{вых} U_{вх}} \quad (9)$$

Приближенное значение потерь на стабилитроне (рассеиваемая мощность) в режиме стабилизации можно рассчитать по формуле

$$P_{ст.} \approx I_{ст.} U_{CT.} \quad (10)$$

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Модуль **ДИОДЫ** и модуль **МУЛЬТИМЕТРЫ** на стендах **ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ - 2**

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4. 1. Снятие вольтамперной характеристики резистора

Снятие вольтамперной характеристики резистора производится по схеме, показанной на рис. 6.

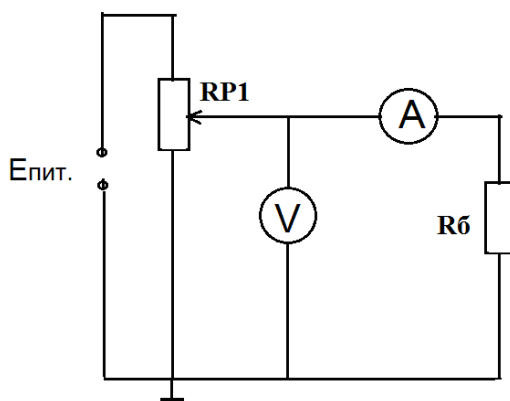


Рис. 6. Схема снятия вольтамперной характеристики резистора

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.

2. В модуле **ДИОДЫ** извлечь из гнезд все перемычки (рис. 7).

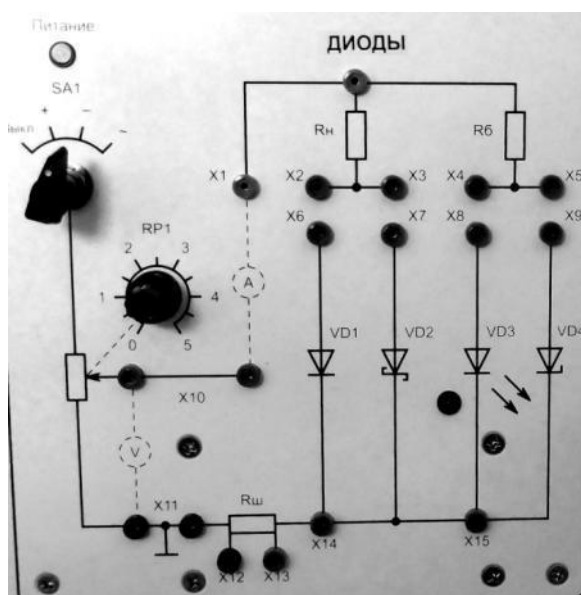


Рис. 7. Вид модуля **ДИОДЫ** перед началом работы

3. Установить переключатель SA1 в положение **Выкл.**
4. Ручку потенциометра **RP1** повернуть против часовой стрелки до упора.
5. На модуле **МУЛЬТИМЕТРЫ** установить переключатели режима измерения:
 - для левого мультиметра измерение напряжения в диапазоне 20 В;
 - для правого мультиметра режим измерения тока в диапазоне 200 мА (рис. 8).

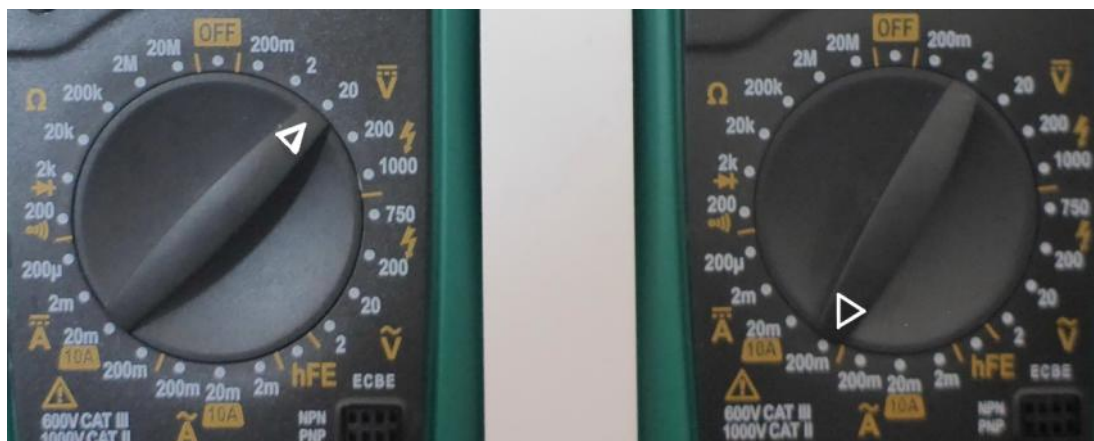


Рис. 8. Вид модуля **МУЛЬТИМЕТРЫ** перед началом работы

6. Черный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X11**.
7. Красный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X10**.
8. Красный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X10**.
9. Черный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X1**.
10. Соединить перемычкой гнезда разъемов **X11** и **X2**.
11. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**
12. Установить переключатель SA1 в положение +.

13. Поворачивая ручку потенциометра $RP1$ по часовой стрелке, и наблюдая показания левого мультиметра, установить величину напряжения на резисторе R_H равной 2 В. Занести в таблицу 1 величину тока через R_H согласно показаниям правого мультиметра.

14. Заполнить таблицу 1, изменяя величину напряжения на резисторе R_H с шагом 2 В.

Таблица 1 - Сила тока через R_H при положительных напряжениях на нем

U_{R_H} , В	0	2	4	6	8	10	12	14
I_{R_H} , мА								
P								

15. Установить переключатель $SA1$ в положение -.

16. Заполнить таблицу 2, изменяя величину отрицательного напряжения на резисторе R_H с шагом 2 В.

Таблица 2- Сила тока через R_H при отрицательных напряжениях на нем.

U_{R_H} , В	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14
I_{R_H} , мА								
P								

4.2. Снятие вольтамперной характеристики диода

Снятие вольтамперной характеристики диода производится по схеме, показанной на рис. 9.

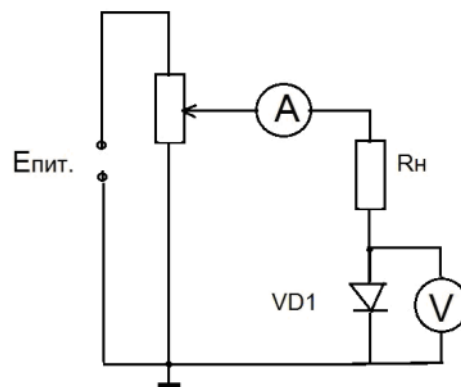


Рис. 9. Схема снятия вольтамперной характеристики диода

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.

2. В модуле **ДИОДЫ** извлечь из гнезд все перемычки (рис. 7).

3. Установить переключатель $SA1$ в положение **Выкл.**

4. Ручку потенциометра **RP1** повернуть против часовой стрелки до упора.

5. На модуле **МУЛЬТИМЕТРЫ** установить переключатели режима измерения:

- для левого мультиметра измерение напряжения в диапазоне 20 В;

- для правого мультиметра режим измерения тока в диапазоне 200 мА.

6. Черный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X11**.

7. Красный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X3**.

8. Красный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X10**.

9. Черный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема X1.

10. Соединить перемычкой гнезда разъемов X6 и X2.

11. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**.

12. Установить переключатель SA1 в положение +.

13. Поворачивая ручку потенциометра RP1 по часовой стрелке, и наблюдая показания левого мультиметра, установить величину напряжения на VD1 равной 0,2 В. Занести в таблицу 3 величину тока через VD1 согласно показаниям правого мультиметра.

14. Заполнить таблицу 3, изменяя величину напряжения на VD1.

Таблица 3 - Сила тока через VD1 при положительных напряжениях на нем.

U VD1, В	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
I VD1, мА	0								
P									

15. Установить переключатель SA1 в положение -.

16. Заполнить таблицу 4, изменяя величину отрицательного напряжения на VD1 с шагом 2 В.

Таблица 4 - Сила тока через VD1 при отрицательных напряжениях на нем.

U VD1, В	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14
I VD1, мА	0							
P								

4.3. Снятие вольтамперной характеристики диода Шоттки

Снятие вольтамперной характеристики диода Шоттки производится по схеме, показанной на рис. 10.

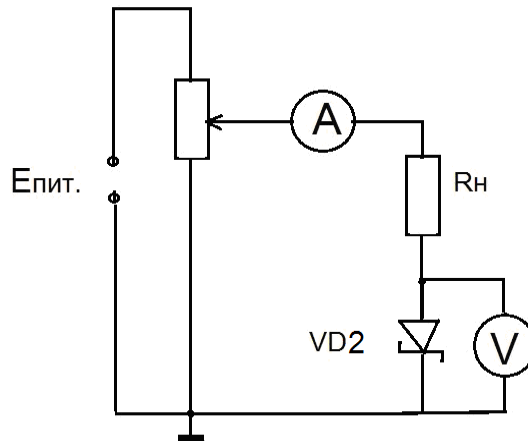


Рис. 10. Схема снятия вольтамперной характеристики диода Шоттки

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.

2. В модуле **ДИОДЫ** извлечь из гнезд все перемычки (рис. 7).

3. Установить переключатель SA1 в положение **Выкл.**

4. Ручку потенциометра **RP1** повернуть против часовой стрелки до упора.

5. На модуле **МУЛЬТИМЕТРЫ** установить переключатели режима измерения:

- для левого мультиметра измерение напряжения в диапазоне 20 В;
- для правого мультиметра режим измерения тока в диапазоне 200 мА

6. Черный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X11**.

7. Красный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X2**.

8. Красный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X10**.

9. Черный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X1**.

10. Соединить перемычкой гнезда разъемов X7 и X3.

11. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**

12. Установить переключатель SA1 в положение +.

13. Поворачивая ручку потенциометра RP1 по часовой стрелке, и наблюдая показания левого мультиметра, установить величину напряжения на VD2 равной 0,2 В. Занести в таблицу 5 величину тока через VD2 согласно показаниям правого мультиметра.

14. Заполнить таблицу 5, изменяя величину напряжения на VD2.

Таблица 5- Сила тока через VD2 при положительных напряжениях на нем.

U _{VD2} , В	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
I _{VD2} , мА	0									
P										

15. Установить переключатель SA1 в положение -.

16. Заполнить таблицу 6, изменяя величину отрицательного напряжения на VD2 с шагом 2 В.

Таблица 6- Сила тока через VD2 при отрицательных напряжениях на нем.

U _{VD2} , В	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14
I _{VD2} , мА	0							
P								

4.4. Снятие вольтамперной характеристики светодиода

Снятие вольтамперной характеристики светодиода производится по схеме, показанной на рис. 11.

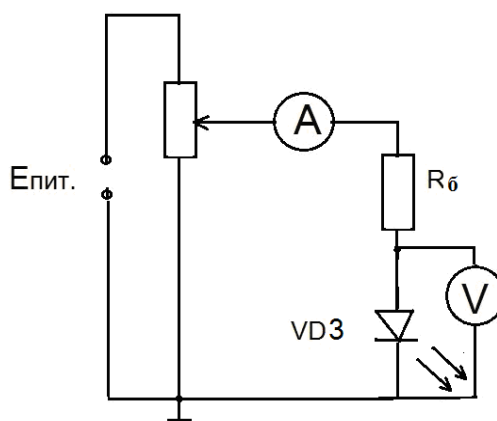


Рис. 11. Схема снятия вольтамперной характеристики светодиода

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.

2. В модуле **ДИОДЫ** извлечь из гнезд все перемычки (рис. 7).

3. Установить переключатель **SA1** в положение **Выкл.**

4. Ручку потенциометра **RP1** повернуть против часовой стрелки до упора.

5. На модуле **МУЛЬТИМЕТРЫ** установить переключатели режима измерения:

- для левого мультиметра измерение напряжения в диапазоне 20 В;

- для правого мультиметра режим измерения тока в диапазоне 200 мА

6. Черный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X11**.

7. Красный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X5**.

8. Красный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X10**.

9. Черный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X1**.

10. Соединить перемычкой гнезда разъемов **X8** и **X4**.

11. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**

12. Установить переключатель **SA1** в положение **+**.

13. Поворачивая ручку потенциометра **RP1** по часовой стрелке, и наблюдая показания левого мультиметра, установить величину напряжения на светодиоде равной 0,4 В. Занести в таблицу 7 величину тока через **VD3** согласно показаниям правого мультиметра.

14. Заполнить таблицу 7, изменяя величину напряжения на резисторе **Rн**.

Таблица 7- Сила тока через **VD3** при положительных напряжениях на нем.

U _{VD3} , В	0	0,4	0,8	1,2	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
I _{VD3} , мА	0											
P												

15. Отметить в таблице напряжение при котором начинается свечение светодиода.

16. Установить переключатель **SA1** в положение **-**.

17. Заполнить таблицу 8, изменяя величину отрицательного напряжения на **VD3** с шагом 2 В.

Таблица 8- Сила тока через **VD3** при отрицательных напряжениях на нем.

U _{VD3} , В	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14
I _{VD3} , мА	0							
P								

4.5. Снятие вольтамперной характеристики стабилитрона

Снятие вольтамперной характеристики стабилитрона производится по схеме, показанной на рис. 12.

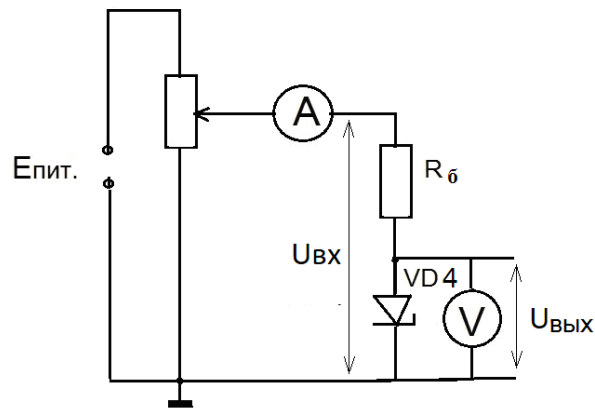


Рис. 12. Схема снятия вольтамперной характеристики стабилитрона

Для выполнения работы необходимо осуществить следующие действия:

1. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВЫКЛЮЧЕНО**.

2. В модуле **ДИОДЫ** извлечь из гнезд все перемычки (рис. 7).

3. Установить переключатель SA1 в положение **Выкл.**

4. Ручку потенциометра **RP1** повернуть против часовой стрелки до упора.

5. На модуле **МУЛЬТИМЕТРЫ** установить переключатели режима измерения:

- для левого мультиметра измерение напряжения в диапазоне 20 В;

- для правого мультиметра режим измерения тока в диапазоне 200 мА

6. Черный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X11**.

7. Красный щуп левого мультиметра вставить в гнездо разъема **X4**.

8. Красный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X10**.

9. Черный щуп правого мультиметра вставить в гнездо разъема **X1**.

10. Соединить перемычкой гнезда разъемов **X9** и **X5**.

11. Модуль питания стенда (220 В) **QF1** установить в положение **ВКЛЮЧЕНО**

12. Установить переключатель SA1 в положение **+**.

13. Поворачивая ручку потенциометра RP1 по часовой стрелке, и наблюдая показания левого мультиметра, установить величину напряжения на стабилитроне равной 0,4 В. Занести в таблицу 9 величину тока через VD4 согласно показаниям правого мультиметра.

14. Заполнить таблицу 9, изменяя величину напряжения на стабилитроне с шагом 0,2 В.

Таблица 9 - Сила тока через VD4 при положительных напряжениях на нем.

U VD4, В	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
I VD4, мА	0								
P									

15. Установить переключатель SA1 в положение **-**.

16. Заполнить таблицу 10, изменяя величину отрицательного напряжения на стабилитроне.

Таблица 10 - Сила тока через VD4 при отрицательных напряжениях на нем

U VD4, В	0	-3	-6	-6,7	-6,72	-6,74	6,76	-6,78	-6,8	-6,82	-6,84	-6,86	-6,88
I VD4, мА	0												
P													
U _{вх} , В													
K _{ст}													

5. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Используя данные таблиц 1 и 2 построить вольтамперную характеристику резистора R_н.
2. Рассчитать величину R_н.
3. Для каждого значения U_{Рн} рассчитать рассеиваемую мощность P_{Рн}. Результаты занести в таблицы 1 и 2.
4. Сделать выводы.
5. Используя данные таблиц 3 и 4 построить вольтамперную характеристику диода.
6. Используя построенную ВАХ по формуле (1) рассчитать величину R_{дифф} при U_д для своего варианта (Приложение А)
7. Для каждого значения U_д рассчитать рассеиваемую мощность P_д. Результаты занести в таблицы 3 и 4.
8. Сделать выводы.
9. Используя данные таблиц 5 и 6 построить вольтамперную характеристику диода Шоттки.
10. Используя построенную ВАХ диода Шоттки, рассчитать величину R_{дифф} при U_{дш} для своего варианта (Приложение А)
11. Для каждого значения U_{VD2} рассчитать рассеиваемую мощность P_д. Результаты занести в таблицы 5 и 6.
12. Сделать выводы.
13. Используя данные таблиц 7 и 8 построить вольтамперную характеристику светодиода.
14. Используя построенную ВАХ светодиода, рассчитать величину R_{дифф} при U_{сд} для своего варианта (Приложение А)
15. Для каждого значения U_д рассчитать рассеиваемую мощность P_{сд}. Результаты занести в таблицы 7 и 8.
16. Рассчитать величину дополнительного сопротивления R_д для своего варианта I_{сд} и U_{пит} (Приложение А). U_{сд} принимаем 2,5 В.
17. Рассчитать рассеиваемую мощность P_{Рд} и P_{сд} для своего варианта I_{сд} и U_{пит}. U_{сд} принимаем 2,5 В.
18. Сделать выводы.
19. Используя данные таблиц 9 и 10 построить вольтамперную характеристику стабилитрона.

20. Рассчитать величину $U_{вх}$ по формуле (8). R_b принимаем 1000 Ом. Результаты занести в таблицу 10.

21. Рассчитать величину $R_{дифф.}$ стабилитрона при $U_{ст}$. Для каждого значения $U_{ст}$ рассчитать рассеиваемую мощность $P_{ст.}$ по формуле (10). Результаты занести в таблицу 10.

22. Рассчитать величину $K_{ст.}$ по формуле (9). Результаты занести в таблицу 10.

23. Рассчитать величину дополнительного сопротивления R_b для своего варианта $I_{ст}$ и $U_{пит.}$ (Приложение А). ($U_{ст}$ принимаем 6,85 В).

24. Рассчитать рассеиваемую мощность P_{R_b} и $P_{ст.}$ для своего варианта $I_{ст}$ и $U_{пит.}$ ($U_{ст}$ принимаем 6,85 В).

25. Сделать выводы.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Отчёт должен содержать:

- титульный лист;
- цель лабораторной работы;
- схемы экспериментов;
- таблицы и графики результатов;
- расчеты;
- выводы.

Отчёт по лабораторной работе должен быть выполнен в соответствии требованиями ГОСТ.

7. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Защита производится при наличии отчета и состоит в объяснениях полученных результатов и ответах на контрольные вопросы.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличаются полупроводники типа P и N?
2. Каковы свойства P-N-перехода?
3. Объясните вид ВАХ P-N-перехода?
4. Как снять по точкам ВАХ диода?
5. Что такое дифференциальное сопротивление диода?
6. Поясните вид ВАХ стабилитрона.
7. В чем отличие выпрямительного диода с P-N-переходом и диода Шоттки?
8. В чем отличие ВАХ выпрямительного диода, диода Шоттки, стабилитрона и светодиода?
9. Как работает параметрический стабилизатор напряжения? Для чего служит балластный резистор?
10. Как изменится напряжение на выходе стабилизатора при повышении температуры?
11. При каком минимальном напряжении на входе стабилизатора еще возможна стабилизация напряжения?
12. От какого параметра зависит качество стабилизации напряжения?

13. Как рассчитать коэффициент стабилизации?
14. От чего зависит яркость свечения светодиода?
15. Какой элемент обязателен в схеме индикатора на светодиоде? Почему?
16. Как рассчитать параметры добавочного резистора для светодиода?
17. Как рассчитать рассеиваемую светодиодом мощность?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миловзоров, О. В. Электроника: учебник для прикладного бакалавриата / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 344 с. — (Серия: Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-00077-1. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/F696F80B-830E-4E30-B5D5-46CD8BD69BCF.
2. Основы электротехники, микроэлектроники и управления в 2 т. Том 1: учебное пособие для академического бакалавриата / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 455 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05431-6. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/E3345456-CEFA-4FEF-8275-2799E59C8170>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

№ варианта	U _д , В	U _{дш} , В	U _{сд} , В	I _{сд} , I _{ст} , мА	U _{пит} , В
1	0,5	0,3	1,8	7	9
2	0,6	0,4	1,9	8	10
3	0,7	0,5	2,0	9	11
4	0,8	0,6	2,1	10	12
5	0,9	0,7	2,2	11	13
6	1,0	0,8	2,3	12	14
7	1,1	0,9	1,8	13	15
8	1,2	1,0	1,9	14	16
9	1,3	0,3	2,0	7	17
10	1,4	0,4	2,1	8	18
11	1,5	0,5	2,2	9	19
12	1,6	0,6	2,3	10	20
13	0,5	0,7	1,8	11	9
14	0,6	0,8	1,9	12	10
15	0,7	0,9	2,0	13	11
16	0,8	1,0	2,1	14	12
17	0,9	0,3	2,2	7	13
18	1,0	0,4	2,3	8	14
19	1,2	0,5	1,8	9	15
20	1,3	0,6	1,9	10	16
21	1,4	0,7	2,0	11	17
22	1,5	0,8	2,1	12	18
23	1,6	0,9	2,2	13	19
24	0,5	1,0	2,3	14	20
25	0,6	0,3	1,8	7	21

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Методические указания

Составитель: **Осадченко** Александр Евгеньевич

В авторской редакции

Изд. № 198/19. Объем 1,25 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»