

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

## № 12

### СНЯТИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА

**Цель:** исследовать зависимость прямого и обратного токов через  $p$ - $n$ -переход диода от приложенного напряжения.

**Литература:** \_\_\_\_\_

**Оборудование:** макетная плата; переменный резистор на 100–1000 Ом; резистор на 10 Ом; диод кремниевый КД209; диод германиевый Д9; вольтметр постоянного тока с ценой деления не менее 0,1 В; миллиамперметр постоянного тока на 5/50 мА; микроамперметр; источники постоянного тока на 1,5–4,5 В и 36 В; соединительные провода – 6 шт.

### Краткая теория

Контакт  $p$ - и  $n$ -полупроводников, названный  $p$ - $n$ -переходом, играет главную роль в работе диода. После соединения  $p$ - и  $n$ -областей друг с другом начинается процесс взаимной диффузии основных носителей заряда через контакт. Вследствие этого в  $p$ -области на границе с  $n$ -областью создается отрицательный пространственный заряд, а в  $n$ -области на границе с  $p$ -областью – положительный пространственный заряд (рис. 1).

Наличие зарядов противоположных знаков вдоль границы раздела разного рода полупроводников приводит к появлению между этими областями электрического поля, направленного из области  $n$  в область  $p$ . Возникшее поле  $E_{\text{диф}}$  (его называют диффузионным полем) оказывает тормозящее действие на дальнейшее перемещение основных носителей заряда. Этот слой называется

запирающим слоем. Контактная разность потенциалов (напряжение) запирающего слоя составляет 0,1–0,2 В в германиевых диодах и 0,6–0,7 В в кремниевых.

Вольт-амперная характеристика диода (рис. 2), показывающая зависимость протекающего по нему тока от значения и полярности поданного напряжения, является его основной характеристикой.

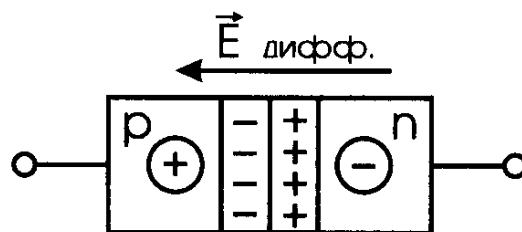


Рис. 1

Напряжение  $U_{пр.}$ , приложенное к диоду, называют прямым, если «плюс» питания соединён с  $p$ -областью (анодом) диода, а «минус» — с  $n$ -областью (катодом). В этом случае внешнее электрическое поле  $E$  направлено навстречу внутреннему диффузионному полю  $E_{дифф.}$ . При этом  $p$ - $n$ -переход имеет малое сопротивление, и через диод течет прямой ток, вызванный движением основных носителей заряда (рис. 3, а).

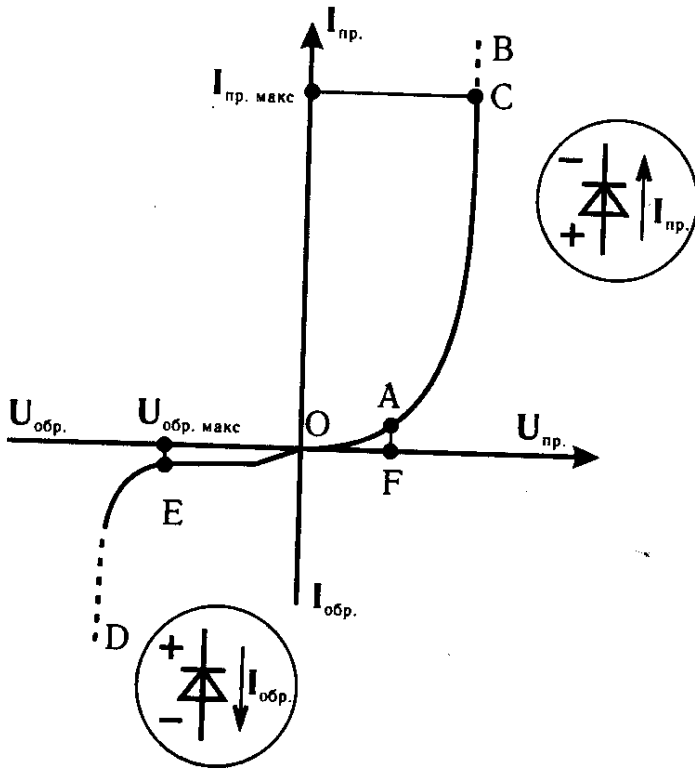


Рис. 2

Зависимость силы прямого тока от прямого напряжения показана на рис. 2 в верхней правой части графика; ветвь ОВ. Вначале, при малых напряжениях, прямой ток растет незначительно. Это участок ОА (загиб или «ступенька»), происхождение которого объясняется разностью потенциалов запирающего слоя. Дальше ветвь АВ идет круто вверх, обозначая быстрый рост прямого тока через диод с увеличением приложенного прямого напряжения.

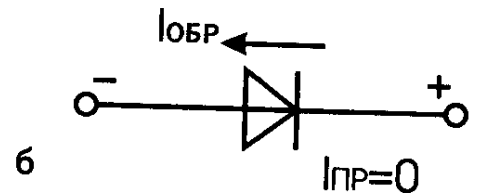
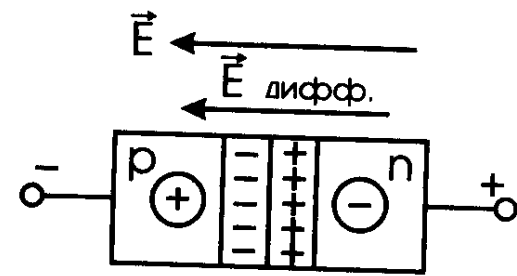
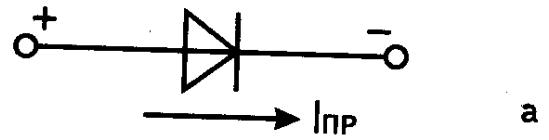
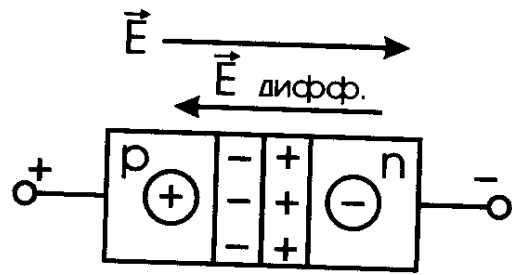


Рис. 3

На ней лежит один из основных параметров диода (точка С) — максимально допустимый прямой ток  $I_{пр. макс.}$  через диод. При его превышении может произойти разрушение  $p$ - $n$ -перехода из-за его перегрева.

При подаче на диод обратного напряжения  $U_{обр.}$ , т. е. такого, при котором с анодом соединен «минус» источника тока, а с катодом — «плюс» (рис. 3, б),  $p$ - $n$ -переход имеет большое сопротивление и в цепи течет небольшой обратный ток  $I_{обр.}$ , обусловленный движением неосновных носителей зарядов. Эта зависимость показана на рис. 2 в левой нижней части графика — ветвь ОД.

Существует еще один важный параметр диода — его максимальное обратное напряжение  $U_{обр. макс.}$  (соответствует точке Е), при превышении которого может произойти разрушение  $p$ - $n$ -перехода.

## Вопросы для самоконтроля по теории

1. Когда по диоду течет прямой ток?
  2. Как выглядит график зависимости прямого тока от приложенного напряжения?
  3. Чем обусловлен обратный ток диода?
  4. Как выглядит график зависимости обратного тока от приложенного напряжения?
  5. Почему при использовании диода недопустимо превышение максимально допустимой силы прямого тока  $I_{пр. макс.}$  и максимально допустимого обратного напряжения  $U_{обр. макс.}$ ?
- Покажите эти величины на графике.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

### Задание 1

Постройте прямую ветвь графика вольт-амперной характеристики кремниевого диода. Показания миллиамперметра занесите во вторую строку табл. 1.

Таблица 1

| $U_{пр}, В$      | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
|------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $I_{пр}, мА, Si$ |   |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $I_{пр}, мА, Ge$ |   |     |     |     |     |     |     |     |     |

1. Соберите электрическую цепь по рис. 4, а и б. В ней переменный резистор R1 служит для плавного регулирования напряжения на диоде, а резистор R2 играет роль ограничителя тока, защищая миллиамперметр от перегрузки.

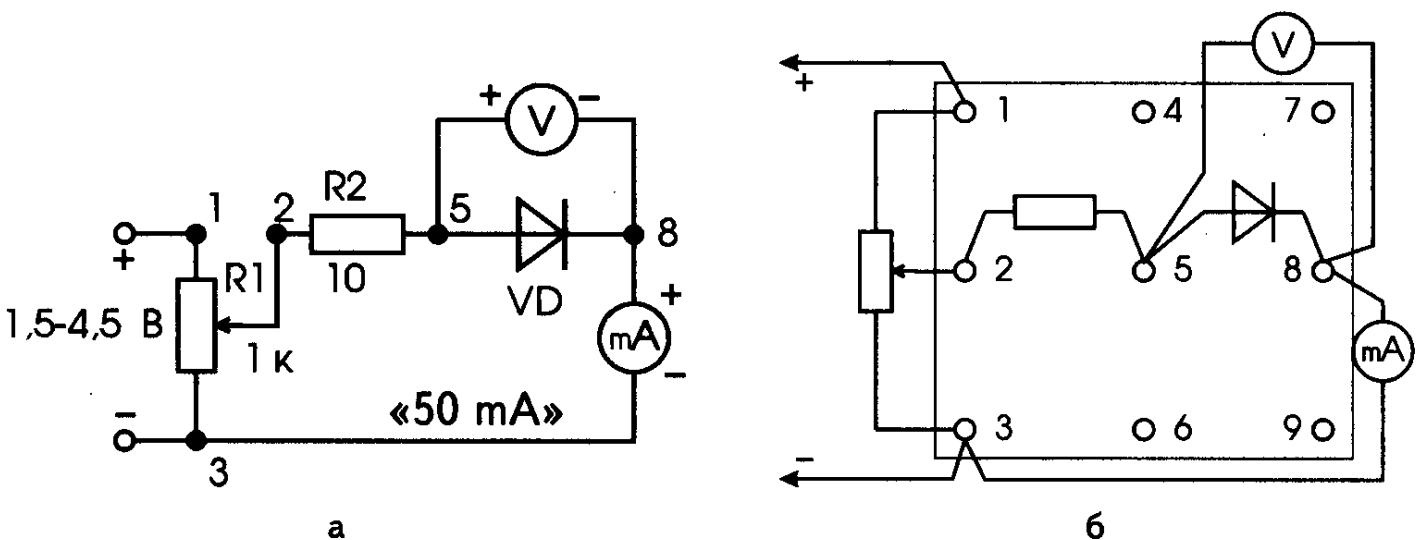


Рис. 4

2. Напряжение на кремниевом диоде увеличивайте каждый раз на 0,1 В, доводя его до 0,7–0,8 В; каждый раз фиксируйте показание миллиамперметра.

**Внимание!** Сила прямого тока не должна превышать максимально допустимого среднего выпрямленного тока для данного типа диода.

3. По полученным данным постройте график зависимости силы прямого тока от напряжения. Рекомендуемый масштаб: 1 см—5 мА; 0,1 В.

4. По графику определите значение разности потенциалов запирающего слоя *p-n*-перехода.

## Задание 2

В электрической цепи, собранной по рис. 4, кремниевый диод замените на германиевый и выполните пункты задания 1.

1. Прямое напряжение на германиевом диоде не должно превышать 0,5–0,6 В. Показание миллиамперметра занесите в третью строку табл. 1.

2. Прямую ветвь вольт-амперной характеристики германиевого диода постройте в тех же координатных осях, что и для кремниевого.

## Задание 3

Соберите установку по рис. 5 и исследуйте зависимость силы обратного тока диодов от приложенного напряжения. Показание приборов занесите в табл. 2. Обратите внимание на то, что сила тока измеряется микроамперметром.

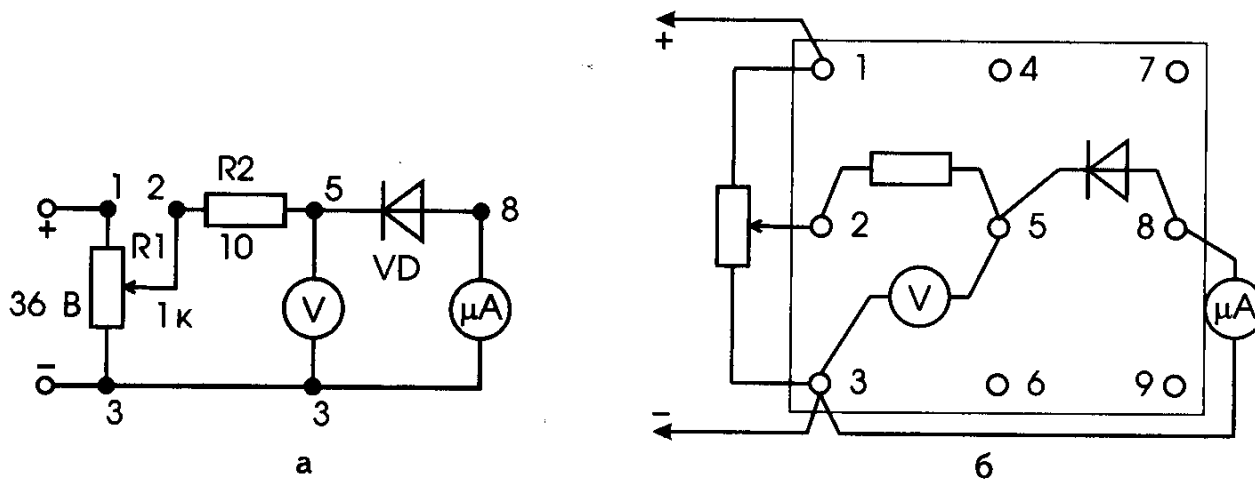


Рис. 5

Таблица 2

| $U_{обр}, В$         | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|----------------------|---|---|----|----|----|----|----|
| $I_{обр}, \mu A, Si$ |   |   |    |    |    |    |    |
| $I_{обр}, \mu A, Ge$ |   |   |    |    |    |    |    |

**Примечание.** Схема для исследования зависимости обратного тока диода от напряжения отличается от предыдущей тем, что на потенциометр **R1** подается довольно высокое напряжение (можно использовать сетевой блок питания, например, В-24), и клеммы вольтметра охватывают не только электроды диода, но и последовательно соединенный с ним микроамперметр. Это легко можно объяснить, если вспомнить о сопротивлении вольтметра, которое гораздо меньше обратного сопротивления диода. Если бы мы подключили его к диоду так же, как на рис. 4, микроамперметр показывал бы не столько силу обратного тока диода, сколько силу тока, проходящего через катушку вольтметра. А при таком соединении (рис. 5) весьма малым сопротивлением микроамперметра по сравнению с очень большим сопротивлением диода можно пренебречь. Ограничительный резистор **R2** в этой схеме можно исключить.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

1. Чем отличаются вольт-амперные характеристики диода и резистора? Почему?
2. Сравните вольт-амперные характеристики кремниевого и германиевого диодов. Есть ли в них различия? Что в них общего?