

Методические указания
к выполнению лабораторной работы 2.3.3

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СЕЛЕНОВОГО ДИОДА*

*Некрасов В.В. Электрические свойства проводников, полупроводников и диэлектриков: Методические указания к выполнению лабораторных работ / В.В. Некрасов, Л.В. Филимоненкова, В.В. Добрынина, Ю.В. Логинов, О.А. Андреев– РИО АЛТИ, 1981. – 36 с.

Цель работы – снять вольтамперную характеристику селенового диода.

Теоретические положения

Работа полупроводникового диода основана на способности контактов металлов и полупроводников или контактов двух полупроводников с разными типами проводимости проводить ток в одном направлении лучше, чем в другом.

Носители тока в металлах n -типа свободные электроны, а в полупроводниках p -типа (селен) – «дырки» с положительным зарядом.

Если металл n -типа находится в контакте с p -полупроводником (селеном), уровень Ферми (F_{n-p}) в котором ниже, чем в металле, то электроны переходят из металла в p -полупроводник, где «дырки» и электроны рекомбинируют друг с другом. Место контакта при обеднении свободными носителями зарядов приобретает большое сопротивление, а на границе между областями возникает двойной электрический слой: полупроводник заряжается отрицательно, металл, теряя электроны, заряжается положительно (рис 3.1). Электрическое поле направлено так, что препятствует дальнейшему переходу электронов в полупроводник.

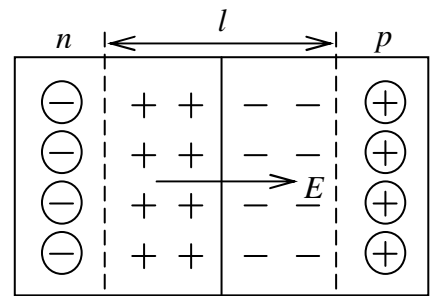


Рисунок 3.1.

Подадим на контакт такое внешнее напряжение ($U_{вн}$), чтобы (+) был подключен к p -полупроводнику, а (-) – к металлу (прямое напряжение) (рис. 3.1, а). Внешнее поле поджимает основные носители к границе между областями, ширина слоя l , обедненного носителями тока уменьшается, что приводит к понижению сопротивления перехода. Сопротивление уменьшается тем сильнее, чем больше напряжение. Таким образом, зависимость тока от напряжения через диод не может быть изображена прямой линией, то есть закон Ома не выполняется.

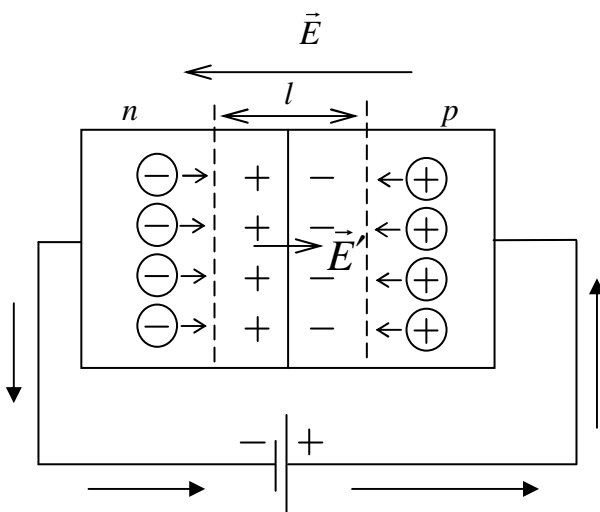


Рисунок 3.1.а – Схема включения диода в прямом направлении

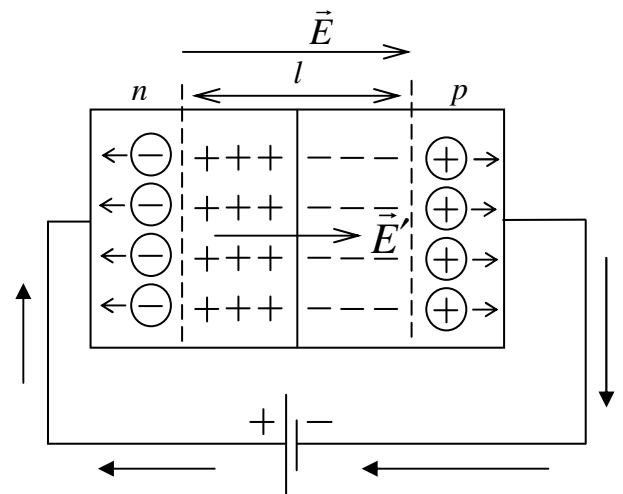


Рисунок 3.1.б – Схема включения диода в обратном направлении

Теперь приложим к контакту обратное напряжение: (+) к металлу, а (-) к полупроводнику. Внешнее поле в этом случае оттягивает основные носители от границы, что приводит к возрастанию зоны, обедненной носителями. Соответственно увеличивается и сопротивление перехода (рис. 3.1,б). Следовательно, устройство обладает гораздо большим сопротивлением в обратном направлении, чем в прямом, и используется для выпрямления переменного тока.

Типичная зависимость тока через диод от приложенного к нему напряжения изображена на рис.3.2. В прямом направлении сопротивление диода $R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$, измеренное как функция напряжения, быстро уменьшается.

Свойства диода характеризует коэффициент выпрямления K , то есть отношение прямого тока к обратному при одинаковых по величине прямом и обратном напряжениях ($K = \frac{I_{пр.}}{I_{обр.}}$).

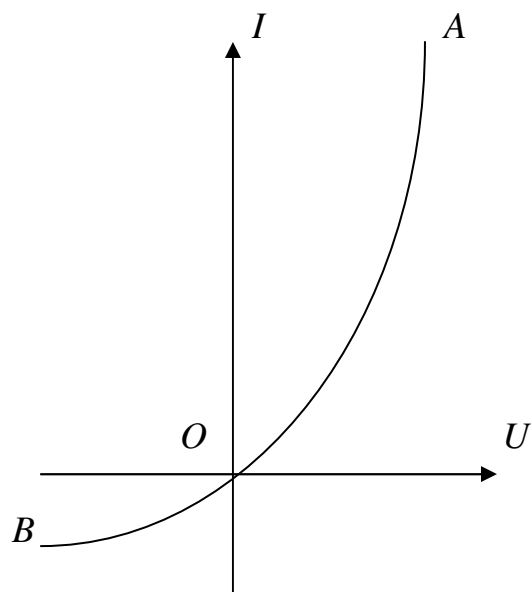


Рис. 3.2. – Вольтамперная характеристика диода

Экспериментальная установка

Селеновый диод СВ (рис.3.3) состоит из двух различных металлических электродов и тонкого слоя кристаллического селена (полупроводника) между ними. Слой селена 3 имеет толщину 0,05 – 0,1 мм.

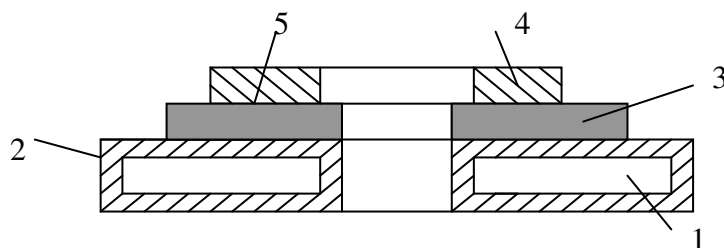


Рисунок. 3.3. – Селеновый диод

Железная шайба 1, покрытая слоем никеля 2, является контактным электродом. Электрод 4 — тонкий слой тройного сплава кадмия, висмута и олова — называется вентильным электродом. На границе вентильного электрода и селена возникает запирающий слой 5.

У селеновых диодов прямое направление тока соответствует движению электронов от вентильного электрода через селен к контактному.

Зависимость силы тока I , протекающего через диод, от приложенного к нему напряжения U , называется вольтамперной характеристикой диода.

Рассмотрим схему для снятия вольтамперной характеристики селенового диода (рис.3.4). Вводим следующие обозначения:

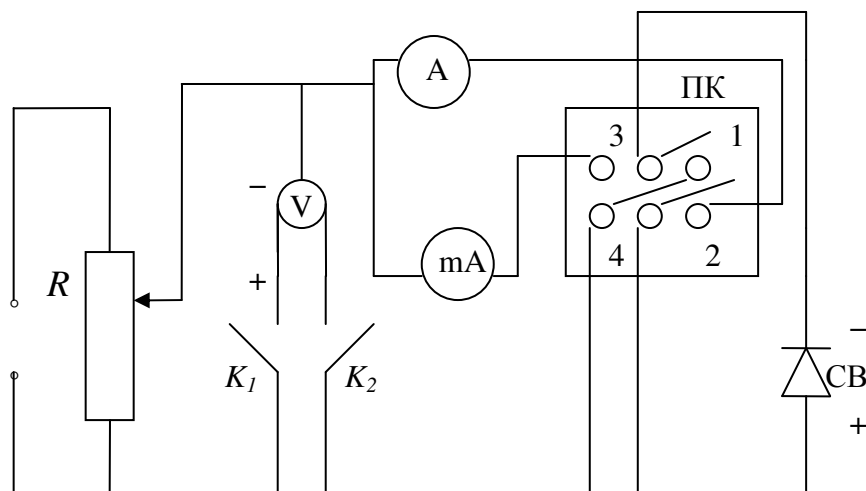


Рисунок 3.4. – Принципиальная схема экспериментальной

СВ — селеновый диод;

\mathcal{E} — источник постоянного тока ($\mathcal{E} = 12 \text{ В}$);

R — делитель напряжения (потенциометр), позволяющий плавно регулировать напряжение;

V — многоканальный вольтметр (ключ K_1) включает шкалу на 3 В, ключ K_2 на 15 В;

ПК — двухполюсный переключатель, позволяющий менять направление тока через диод;

A , mA — амперметр и миллиамперметр для измерения прямого и обратного тока.

Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

1. Ознакомиться со схемой (рис.3.4).
2. Установить контакт потенциометра в положение, соответствующее наименьшему напряжению.
3. Вольтамперную характеристику рекомендуется начинать снимать с максимального тока в обратном направлении. Для этого устанавливают переключатель ПК на клеммы 3-4 и включают вольтметр на $U_{\max} = 15 \text{ В}$ (замыкают K_2). Задают величины напряжений от 12 до 0 В (через 1 вольт) и определяют значения обратного тока по миллиамперметру.
4. Для снятия прямого тока переключатель ПК ставят на клеммы 1-2 и устанавливают $U_{\max} = 3 \text{ В}$ (замыкают ключ K_1). Величина тока через диод зависит от напряжения по экспоненциальному закону ($I = I_0 \exp\{\alpha U\}$), поэтому удобнее при снятии характеристики прямого направления задавать определенные значения величины тока, а величины получающихся напряжений отсчитывать по вольтметру. Рекомендуется задавать значения прямого тока с максимального до нуля.

5. Результаты измерений записывают в табл. 3.1.

Таблица 3.1. - Результаты измерений

Обратное напряжение А			Прямое напряжение В				
№ п/п	U, В	I, А	R, Ом	№ п/п	U, В	I, А	R, Ом

6. Вычислить значения сопротивлений селенового диода в прямом и обратном направлениях ($R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$).

7. Построить вольтамперную характеристику селенового диода, откладывая по оси абсцисс значения напряжений, а по оси ординат значения тока. Прямые напряжения и токи откладывают на положительных полуосях, а обратные напряжения и токи — на отрицательных полуосях.

8. По формуле $K = \frac{I_{пр.}}{I_{обр.}}$ ($U_{пр.} = U_{обр.}$) вычисляют коэффициент выпрямления СВ при напряжениях 1,0; 1,5; 2,0; В. Результаты заносят в табл. 3.2.

Таблица 3.2. -

U, В	$I_{пр.}, А$	$I_{обр.}, А$	K
1,0			
1,5			
2,0			

Контрольные вопросы

1. В чем различие энергетических состояний электронов в кристалле и в изолированном атоме? Какие зоны называются разрешенными, и какие запрещенными?

2. Какие вещества называются полупроводниками? Как объясняются электрические свойства полупроводников по зонной теории?

3. Как возникают дырочная и электронная примесные проводимости полупроводников?

4. С помощью зонной теории пояснить свойства контакта металла с полупроводником и двух полупроводников с различным типом проводимости.

5. Каков механизм проводимости в полупроводниковом выпрямителе?