

Лабораторная работа № 6.62

Исследование фотопроводимости полупроводников на примере фотодиода

Цель работы: ознакомление с явлением внутреннего фотоэффекта и принципом действия фотодиода. Снятие вольтамперной характеристики фотодиода.

Приборы и принадлежности. Лабораторная установка с фотодиодом, осветителем, источником питания и измерительными приборами.

Теоретические сведения.

Фотодиодом называется полупроводниковый фотоэлектрический приемник оптического излучения, обладающий односторонней проводимостью, которая возникает под действием света. Фотодиод обладает электронно-дырочным переходом ($p-n$ -переходом), смещенном в обратном направлении.

Светочувствительным элементом является переходная область между p - и n -областями (область объемного заряда). Это слой практически полностью обедненный свободными носителями – электронами и дырками.

Различают **два режима** работы фотодиода: **фотодиодный**, когда во внешней цепи фотодиода содержится источник постоянного тока, создающий на $p-n$ -переходе обратное запирающее смещение, и **вентильный**, когда источник тока отсутствует.

В фотодиодном режиме фотодиод, как и фоторезистор, используется для управления электрическим током в цепи в соответствии с изменением интенсивности падающего излучения.

Поскольку внешний источник включен в обратном, запирающем направлении, то при отсутствии освещения ток в цепи практически отсутствует (через фотодиод протекает незначительный обратный ток – ток неосновных носителей $I_{неосн}$).

Пусть под действием света (Φ – световой поток) в области объемного

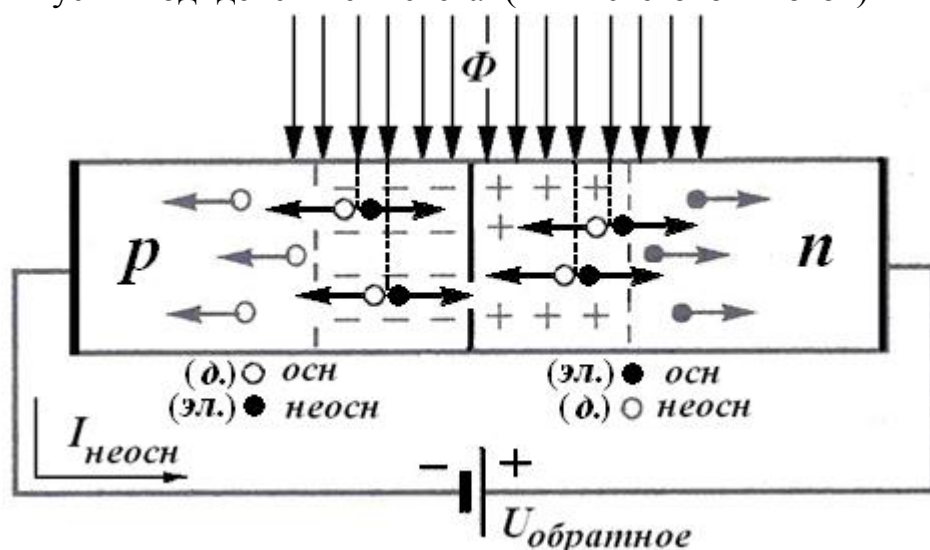


Рис. 1.

заряда
обратносмещен
ного $p-n$ -
перехода
генерируются
новые носители
заряда –
возникает
электрон и
дырка (рис. 1).
Оба они будут
подхвачены
электрическим
полем и

унесены: электрон в n - область, дырка – в p - область.

В темноте, без освещения ток через $p - n$ -переход (так называемый темновой ток) определяется числом электронов и дырок, возникающих в области объемного заряда за счет тепловой генерации.

При освещении обратносмещенного перехода светом с энергией квантов $h\nu > \Delta E$ обратный ток через переход увеличивается. Возникший под действием света фототок во столько раз больше темнового, во сколько раз число носителей, создаваемых в области объемного заряда светом, будет больше, чем возникающих за счет тепловой генерации.

Свойства фотодиода можно охарактеризовать **вольт-амперной характеристикой**. Она представляет собой зависимость обратного тока от напряжения при неизменном световом потоке. Вольт-амперные характеристики фотодиода приведены на рис 2.

Если светового потока нет ($\Phi = 0$), то через фотодиод протекает обычный обратный ток (темновой ток I_0).

Под действием светового потока (Φ_1, Φ_2, Φ_3 и т.д.) обратный ток в диоде возрастает, и характеристика располагается ниже. **Чем больше световой поток, тем больше обратный ток.** Таким образом, световой поток управляет обратным током фотодиода.

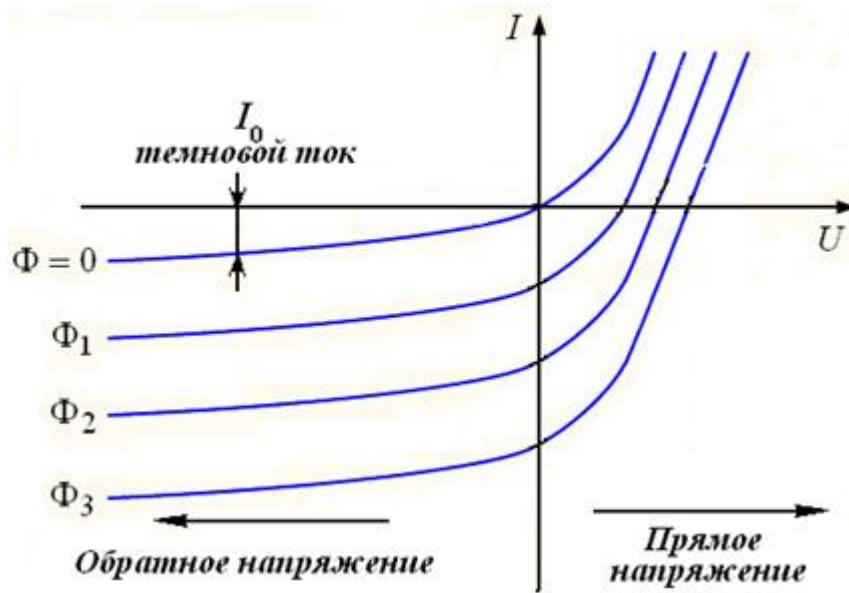


Рис. 2

Фототоком называется величина, на которую возрастает обратный ток при освещении фотодиода. Сила этого тока пропорциональна падающему на кристалл световому потоку (при не очень больших освещенностях).

Поскольку используются обратные ветви вольт-амперной характеристики, для удобства использования

их можно перенести из третьего квадранта в первый квадрант (рис. 3).

Следует отметить такую особенность фотодиода. Из образовавшихся в результате поглощения световой энергии носителей не все будут участвовать в образовании обратного тока. Часть неосновных носителей успевают рекомбинировать, снижая эффективность

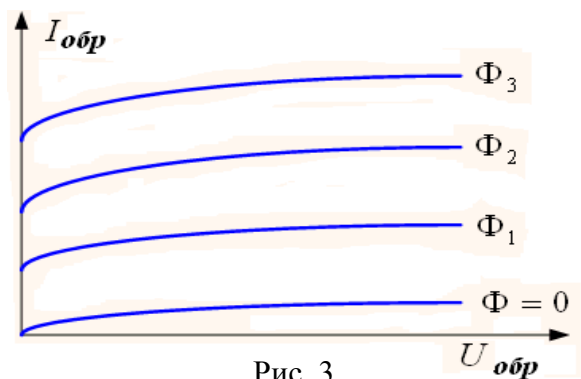


Рис. 3

использования световой энергии. Поэтому целесообразно освещать не обе области полупроводника, а только одну, зато очень тонкую, например, n -область (рис. 4). Ширину n -области делают такой (несколько микрометров), чтобы дырки не успевали рекомбинировать до перехода в p -область. Обычно плоскость $p - n$ -перехода располагается в фотодиодах на расстоянии в несколько десятых долей микрометра от поверхности.

Тогда практически все образовавшиеся под действием освещения неосновные носители будут разделены p - n -переходом.

Фотодиод, изготовленный из определенного материала, способен реагировать на свет с длиной волны, лежащей только в определенном диапазоне. Это свойство фотодиодов называют селективностью.

Большим достоинством фотодиодов является их высокая скорость срабатывания (быстродействие). Это позволяет использовать фотодиоды в системах передачи и обработки информации.

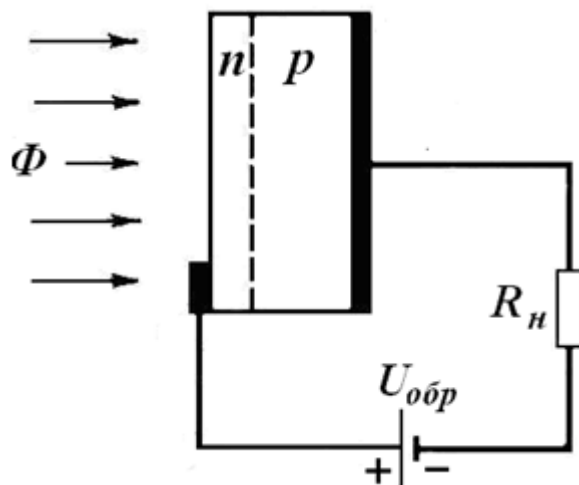


Рис. 4.

3. Описание лабораторной установки и проведение эксперимента.

Схема лабораторной установки приведена на рис. 5. От источника питания U через делитель напряжения Π напряжение смещения подается на фотодиод. Знак напряжения смещения – прямого или обратного – можно изменять с помощью переключателя K . Ток измеряется с помощью миллиамперметра μA , напряжение – вольтметра V .

Источником света служит маломощная лампочка накаливания. Свет от нее через фокусирующую линзу попадает на фотодиод. Световой поток от лампочки можно изменять (Φ_1, Φ_2, Φ_3 и т.д.), подавая на лампу поочередно разное напряжение питания: $U_{лампы}$ 2 В, 4 В, 6 В. и т.д.

Целью работы является снятие **вольтамперных характеристик фотодиода при различных его освещенностях.**

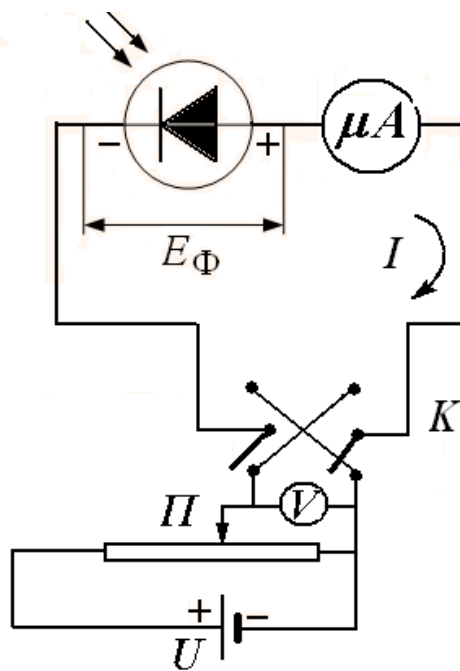



Рис. 5.


Порядок работы.

1. После ознакомления с конструкцией установки подключить ее к сети в присутствии преподавателя.

2. Тумблером «Сеть» включить установку.

3. Вращая ручку потенциометра со значком лампы , подать на лампу накаливания одно из напряжений $U_{\text{лампы}} = 2 \text{ В}, 4 \text{ В}, 6 \text{ В}$ и т.д. и тем самым установить определенное значение светового потока Φ_1, Φ_2, Φ_3 и т.д. При этом расстояние между фотодиодом и источником света должно быть постоянным.

4. Установить переключателем ВАХ ПР или ВАХ ОБР направление прямого или обратного напряжения смещения. Плавно увеличивая напряжение ручкой

потенциометра со знаком , записать по шкале миллиамперметра соответствующие значения прямого, а затем обратного тока.

При прямом включении на фотодиод можно подавать напряжение **не более 10 В**.

При обратном включении на фотодиод можно подавать напряжение **не более 50 В**.

5. Снять также вольтамперную характеристику фотодиода при прямом и обратном включении при естественном свете.

6. Данные измерений занести в таблицу и по ним построить графики зависимости $I = f(U)$ (рис. 2, рис. 3).

7. Ответить письменно в тетради для лабораторных работ на контрольные вопросы.

Таблица .

U, В		Естеств. свет		Световой поток Φ от лампы накаливания									
				Φ_1 $U_{\text{лампы}} = 2 \text{ В}$		Φ_2 $U_{\text{лампы}} = 4 \text{ В}$		Φ_3 $U_{\text{лампы}} = 6 \text{ В}$		Φ_4 $U_{\text{лампы}} = 8 \text{ В}$		Φ_5 $U_{\text{лампы}} = 10 \text{ В}$	
		$I, \text{ мкА}$		$I, \text{ мкА}$		$I, \text{ мкА}$		$I, \text{ мкА}$		$I, \text{ мкА}$		$I, \text{ мкА}$	
ПР	ОБР	ПР	ОБР	ПР.	ОБР	ПР.	ОБР	ПР.	ОБР	ПР.	ОБР	ПР.	ОБР

Контрольные вопросы

1. Чем отличается ток в металлическом проводе от тока через $p-n$ -переход?
2. Каков механизм диффузионного и дрейфового тока через $p-n$ -переход?
3. Что такое прямой ток? Обратный ток?
4. В чем заключается явление внутреннего фотоэффекта?
5. Почему $p-n$ -переход фотодиода смещен в обратном направлении?
6. Какой ток – прямой или обратный – возрастает в фотодиоде под действием света?
7. Что происходит при освещении фотодиода, если не него не подавать внешнего напряжения?
8. Почему n -область фотодиода изготавливается тонкой?
9. Где можно применять фотодиоды?