

Ф6-4к. ФОТОДИОД

Требуемое оборудование

Модульно учебные комплексы:

1. Модульный учебный комплекс МУК-ОК

Приборы:

- | | |
|---|------------|
| 1. Блок амперметра-вольтметра АВ1 | 1 шт. |
| 2. Стенд с объектами исследования СЗ-ОК01 и источник питания ИПС1 | 1 комплект |
| 3. Проводники Ш4/Ш1,6 - 60 см | 6 шт. |
| Ш1,6/Ш1,6 - 30 см | 1 шт. |

Краткое теоретическое введение

Фотоэффект на $p-n$ -переходе. Рассмотрим контакт p -полупроводника и n -полупроводника ($p-n$ -переход). В области контакта происходит изгиб энергетических зон, приводящий к их взаимному смещению. Это показано на рис.1, где штриховой прямой изображен уровень энергии Ферми (в состоянии термодинамического равновесия положение уровня Ферми в p -области совпадает с его положением в n -области), 1 — дно зоны проводимости, 2 — потолок валентной зоны.

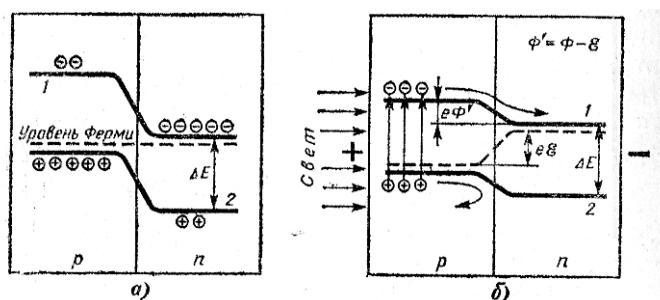


Рис.1

Основными носителями заряда в p -области являются дырки; их концентрация много больше концентрации электронов проводимости. В n -области наблюдается обратная картина: там основными носителями являются электроны проводимости. Диффузии электронов проводимости из области с высокой их концентрацией (n -области) в область с низкой концентрацией (в p -область) препятствует потенциальный барьер высотой $e\Phi$; Φ — контактная разность потенциалов. Аналогичное замечание можно сделать относительно диффузии дырок из p -области в n -область. Иными словами, контактная разность потенциалов в $p-n$ -переходе препятствует уходу основных носителей из «своей» области. В то же время она способствует уходу в другую область неосновных носителей.

Предположим теперь, что на p -полупроводник с наружной стороны падает поток фотонов (рис.1,б). Энергия фотонов превышает ширину запрещенной зоны. Фотоны генерируют электроны проводимости и дырки, которые, возникнув, начинают диффундировать через p -область по направлению к $p-n$ -переходу. Электроны проводимости являются для p -области неосновными носителями, поэтому внутреннее поле в $p-n$ -переходе «втягивает» их в n -область. Что же касается

дырок, то они являются для p -области основными носителями, поэтому поле в p - n -переходе задержит их и возвратит обратно в p -область. В результате происходит пространственное разделение оптически генерированных электронов и дырок; p -полупроводник приобретает положительный, а n -полупроводник — отрицательный заряд, что эквивалентно возникновению ЭДС. При этом уровни Ферми в p -области и n -области смещаются друг относительно друга на $e\varepsilon$, где ε — фотоЭДС; контактная разность потенциалов уменьшается на ε (рис.1б).

Внутренний фотоэффект, проявляющийся в возникновении фотоЭДС, называют также *фотогальваническим* (или *фотовольтаическим*) эффектом. Одним из видов этого эффекта является возникновение *вентильной* (барьерной) фотоЭДС в p - n -переходе.

Солнечные элементы. Явление возникновения фотоЭДС в p - n -переходе используется на практике для создания *солнечных элементов*, превращающих энергию излучения Солнца в электрическую энергию. Из солнечных элементов собирают солнечные батареи, применяемые в качестве источников питания различных наземных и космических объектов.

Большое практическое применение находят солнечные элементы на основе кремния (точнее говоря, на основе контакта p -Si и n -Si); КПД этих элементов достигает 15 %. Применяются также элементы на основе арсенида галлия (GaAs). Имея несколько более низкий КПД, они в то же время характеризуются большей стойкостью к радиационным повреждениям.

Если фотодиод подключить в обратном направлении, то в отсутствие освещения через прибор протекает обычный обратный ток, обусловленный малым количеством неосновных носителей заряда, имеющих тепловое происхождение. При освещении, например, дырочной области полупроводника в фотодиоде генерируются электронно-дырочные пары. В результате диффузии дырки (основные носители) уходят либо к омическому контакту, либо на поверхность и там рекомбинируют. Электроны же (неосновные носители) диффундируют к переходу и втягиваются полем p - n -перехода в электронную область прибора, значительно увеличивая величину обратного тока. Фототок при этом определяется в основном концентрацией неосновных носителей заряда, то есть определяется интенсивностью света, а не приложенным обратным напряжением.

Методика эксперимента

В качестве источников света в лабораторной установке используется набор светодиодов (кластер), излучающих в различных узких диапазонах длин волн. Эти диапазоны лежат в видимой и инфракрасной частях спектра.

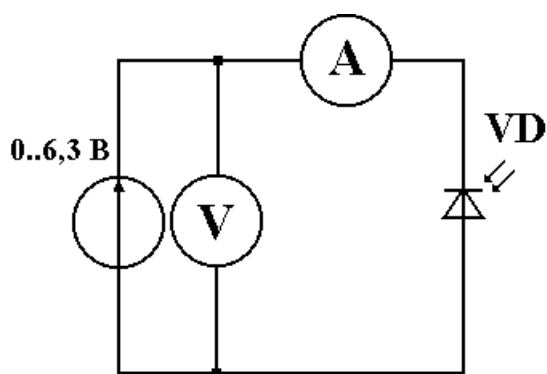


Рис. 2

На рис. 2 представлена электрическая схема для исследования фотодиодного режима. В качестве источника ЭДС используется генератор регулируемого постоянного напряжения блока ИПС1, работающий в диапазоне 0..6,3 В. Такое включение измерительных приборов позволяет

исключить шунтирование вольтметром диода. При этом в рабочем диапазоне токов влияние внутреннего сопротивления амперметра на показания вольтметра незначительное.

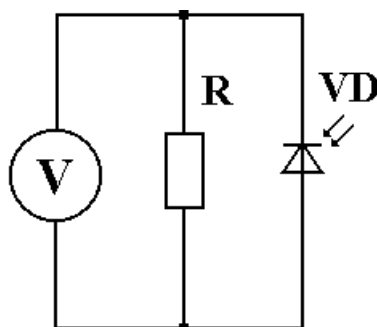


Рис. 3

На рис. 3 представлена электрическая схема для исследования вентильного режима фотодиода. Резистор необходим для того, чтобы исключить возможное детектирование сигнала наводки на провода собранной схемы. Если входное сопротивление вольтметра около 1МОм, то данный резистор можно и не ставить.

При выполнении работы необходимо учитывать, что в лабораторной установке устанавливается не абсолютная, а относительная интенсивность излучения J/J_0 . Где J_0 некоторая константа, задаваемая измерительным прибором и регулируется пользователем.

Рекомендуемое задание к работе:

Исследование фотодиодного режима

1. Собрать схему рис.2.
2. Измерить зависимость фототока от длины волны излучения.
3. Для длины волны с наибольшим током снять зависимость фототока от напряжения для нескольких (3^x) значений интенсивностей. Убедитесь, что фототок практически не зависит от напряжения.
4. Снять зависимость фототока от интенсивности излучения. Убедиться в линейности этой зависимости.

Исследование вентильного режима

1. Собрать схему рис.3.
2. Измерить зависимость фотоЭДС от интенсивности для двух длин волн.
3. Построить график полученных зависимостей.
4. Для максимального уровня излучения измерить зависимость фотоЭДС от длины волны. Построить график этой зависимости.