

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №108

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
(внутренний фотоэффект)

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа 108

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ
(внутренний фотоэффект)

Цель работы – снять вольт-амперные и люкс-амперные характеристики фоторезистора, определить его удельную чувствительность.

Приборы и принадлежности: фоторезистор, микроамперметр, источник тока (выпрямитель), вольтметр, реостат, люксметр, источник света.

Общие положения

Внутренним фотоэффектом называется явление перераспределения электронов по энергетическим уровням под действием света. Если энергия кванта $h\nu$ превышает ширину запрещенной зоны: $h\nu \geq \Delta E$ (рис. 1), то электрон, поглотивший квант переходит из валентной зоны в зону проводимости.

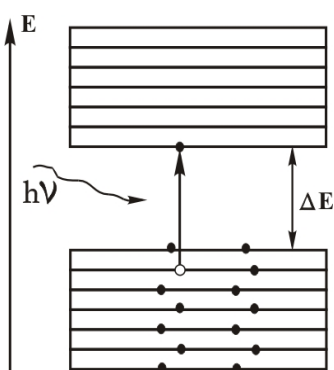


Рисунок 1

В результате появляется дополнительная пара носителей тока – электрон и дырка, что проявляется в увеличении электропроводности вещества. Добавочную электропроводность полупроводника, обусловленную падающим светом, называют фотопроводимостью.

Фотосопротивление (фоторезистор) – двухэлектродный полупроводниковый фотоэлемент, который изменяет свою электропроводность в зависимости от интенсивности и спектрального состава падающего света.

Принцип устройства фоторезистора показан на рис. 2. На диэлектрическую пластину 1 наносится тонкий слой полупроводника 2 с контактами 3 по краям. Затем полупроводник помещают в защитный корпус, который оборудован «окном» для проникновения света. В качестве полупроводниковых материалов используют Se, Te, Ge, W_2S_3 , PbS, PbSe и т. д., в зависимости от спектрального состава излучения, направляемого на фоторезистор. Так, например, фоторезистор из сернистого чугуна чувствителен к инфракрасному излучению, из сернистого висмута – к лучам на границе между видимым и инфракрасным излучением, сернистого кадмия – к видимому излучению.

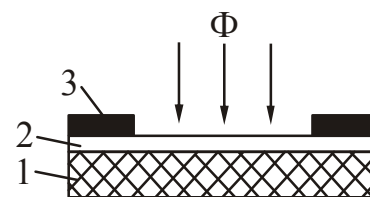


Рисунок 2

При включении фоторезистора в цепь, содержащую источник тока, при отсутствии освещения в цепи протекает ток. Этот ток называют темновым током I_T . Под действием излучения с достаточной энергией фотонов в фоторезисторе происходит генерация пар подвижных носителей заряда (электронов и дырок). Сопротивление уменьшается, ток в цепи значительно возрастает. Разность между током при освещении и темновым током составляет фототок I_Φ :

$$I_\Phi = I - I_T. \quad (1)$$

Фоторезисторы характеризуют темновым сопротивлением R_T и удельной чувствительностью K .

Темновое сопротивление R_T – сопротивление фоторезистора при отсутствии облучения. Оно составляет величину порядка $10^4 - 10^7$ Ом.

Удельная чувствительность – отношение фототока I_Φ к произведению величины падающего на фоторезистор светового потока Φ на прикладываемое напряжение U :

$$K = \frac{I_\Phi}{\Phi U}. \quad (2)$$

Обычно удельная чувствительность составляет несколько сотен или тысяч микроампер на вольт-люмен.

Световой поток вычисляется по формуле:

$$\Phi = ES, \quad (3)$$

где E – освещённость, S – площадь поверхности фоторезистора.

Кроме темнового сопротивления и удельной чувствительности к параметрам фоторезисторов относят также максимально допустимое рабочее напряжение (до 600 В).

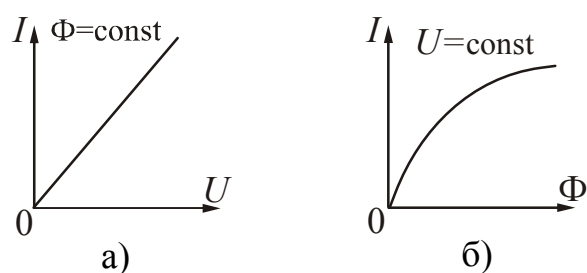


Рисунок 3

Фоторезисторы имеют линейную вольт-амперную (рис. 3а) и нелинейную люкс-амперную характеристики (рис. 3б). Вольт-амперная характеристика – зависимость фототока от приложенного напряжения – снимается при неизменном световом потоке. Люкс-амперная – зависимость фототока от светового потока – при неизменном напряжении.

Значительная зависимость сопротивления от температуры, характерная для полупроводников, является недостатком фоторезисторов. Существенным недостатком также считается их большая инерционность, которая объясняется довольно большим временем рекомбинации электронов и дырок после прекращения облучения. Тем не менее, фоторезисторы широко применяются в различных схемах автоматики. Фоторезисторы применяют как детекторы излучения в системах автоматического регулирования, фототелеграфии, в фотоэлектрических пирометрах, а также в схемах измерения прозрачности жидкости и газа (дымномеры, колориметры), для измерения качества поверхности (шероховатости, блеклости), контроля размеров деталей, линейных размеров и т.д.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Какие графики надо построить по результатам работы? Схематично нарисуйте ожидаемый вид зависимостей.
4. Запишите формулу, по которой рассчитывается световой поток. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

Задание 1 Получение вольт-амперных характеристик фоторезистора

1. Электрическая цепь собрана по схеме, приведенной на рис. 4.
2. Записать значение площади поверхности фоторезистора, указанное на установке.

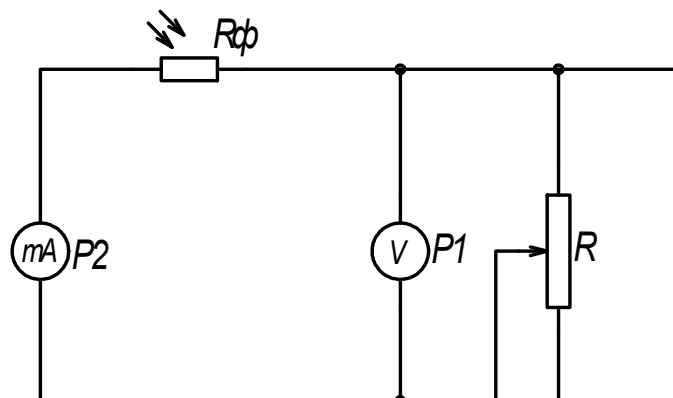


Рисунок 4

3. Установить лампу на расстоянии 20 – 30 см от фоторезистора. Миллиамперметр установить на минимальный предел. Определить цену деления миллиамперметра и вольтметра.
4. При закрытой шторке фоторезистора измерить значение темнового тока I_T для различных напряжений (интервал и предел напряжения указаны на установке).
5. Рассчитать темновое сопротивление R_T :
$$R_T = U/I_T.$$
6. Люксметром измерить освещенность, создаваемую лампой.
7. Увеличить предел измерения миллиамперметра (по указанию преподавателя). Определить цену деления миллиамперметра.
8. Поднять шторку и снять вольт-амперную характеристику, т.е. измерить значения тока I и напряжения U (не менее 5 точек), изменяя напряжение от нуля до U_{\max} (указано на установке).
9. Повторить измерения согласно п. 5-6, уменьшив расстояние между лампой и фотосопротивлением примерно в 2 раза.

Задание 2

Получение люкс-амперных характеристик фоторезистора

1. Установить лампу на расстоянии 10 – 15 см от фоторезистора.
2. Установить напряжение U_{\max} и снять люкс-амперную характеристику фоторезистора (не менее 5 точек), т.е. зависимость фототока I_ϕ от падающего светового потока Φ . Для изменения светового потока надо менять расстояние между фоторезистором и лампой на одну и ту же величину, передвигая лампу. Для каждого положения лампы измерять освещенность фоторезистора.
3. Установить напряжение $U \sim 0,7U_{\max}$ и снять люкс-амперную характеристику еще раз согласно пункту 2.

Оформление отчёта

1. Расчёты

Задание 1

1. Рассчитать фототок по формуле (1).
2. Вычислить световой поток по формуле (3) для обоих случаев.
3. По полученным данным построить вольт-амперные характеристики $I_{\phi} = f(U)$.

Задание 2

1. Рассчитать световой поток по формуле (3).
2. Рассчитать фототок по формуле (1).
3. Построить люкс-амперные характеристики $I_{\phi} = f(\Phi)$.
4. Вычислить удельную чувствительность при двух значениях напряжения (U_{\max} и $U \sim 0,7U_{\max}$) для одинакового светового потока по формуле (2).

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чем оно заключается?
2. Что называется фоторезистором? Опишите его устройство.
3. Что такое фотопроводимость?
4. Где применяются фоторезисторы?
5. Сравните графики, полученные экспериментально с теоретическими зависимостями. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 108

Выполнил(а) _____

Группа _____

Площадь поверхности фоторезистора $S =$ _____

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале прибора	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			
2	Миллиамперметр			
3	Миллиамперметр			

Задание 1

№ п/п	U , В	I_T , мкА	R_T , Ом	$E_1 =$			$E_2 =$		
				U , В	I , мкА	I_ϕ , мкА	U , В	I , мкА	I_ϕ , мкА
1									
2									
3									
4									
5									

Задание 2

№ п/п	r , см	$U_1 =$ _____				$U_2 =$ _____			
		I , мА	I_ϕ , мкА	E , ЛК	Φ , ЛМ	I , мА	I_ϕ , мкА	E , ЛК	Φ , ЛМ
1									
2									
3									
4									
5									

Дата _____

Подпись преподавателя _____