

Лабораторная работа с прибором по фотометрии

В настоящее время вопросы фотометрии в школьном курсе физики не рассматриваются, а потому, как правило, не находит применения прибор по фотометрии, ранее выпускавшийся промышленностью и сохранившийся во многих кабинетах физики (1, с. 402). За пределами физического практикума остаётся и соответствующая лабораторная работа «Исследование зависимости силы фототока от освещённости» (23, с.161), где использовался прибор по фотометрии, основной деталью которого является селеновый фотоэлемент. Нет работы по изучению фотоэлемента и в (3) – (5). И только в физическом практикуме для классов с углубленным изучением физики имеется работа «Определение КПД солнечной батареи» (6, с.133). Изучение же свойств и принципа действия полупроводниковых элементов, безусловно, представляет интерес, так как они широко применяются в автоматике и телемеханике, при оптических, астрофизических, космических исследованиях. Фотоэлементы являются основой солнечных батарей – устройств непосредственно преобразующих энергию солнечной радиации в электрическую. Основными параметрами и характеристиками полупроводникового фотоэлемента являются:

- *Световая (интегральная) чувствительность (S)* – отношение фототока к вызывающему его световому потоку при короткозамкнутых выводах. Световая чувствительность составляет у селеновых фотоэлементов 600-700 мкА/лм, у германиевых - $3 \cdot 10^4$ мкА/лм.

- *Спектральная чувствительность (S)* – величина, определяющая диапазон длин волн оптического излучения, в котором возможно использование данного фотоэлемента. У кремниевых фотоэлементов спектральная чувствительность составляет 400-1100 нм, у германиевых - 500 - 2000 нм.

- *Величина фототока и фотоэдс.* У полупроводниковых фотоэлементов значение фототока могут достигать при оптимальной нагрузке (в расчёте на 1 см² освещаемой поверхности) нескольких десятков мА, а фотоэдс - нескольких сотен мВ.

- *КПД (или коэффициент преобразования излучения)* – отношение электрической мощности, развиваемой фотоэлементом в номинальной нагрузке, к падающей световой мощности. КПД лучших образцов фотоэлементов достигает 15-20%.

Ниже приведена инструкция к лабораторной работе физического практикума по изучению полупроводникового фотоэлемента. К первому заданию даны достаточно подробные указания (описание прибора заимствовано из (3, с.174-176)). Степень самостоятельности при выполнении остальных заданий существенно выше, приводится только формулировка задания с минимальным комментарием. Большое количество заданий позволит учителю дифференцировать работу с учащимися, предложив им выполнить именно те задания, что соответствуют их учебному потенциалу и уровню развития творческих способностей, а также бюджету времени, отведённому на выполнение работ.

Цель работы: выяснить, от каких факторов зависит сила тока, даваемого фотоэлементом

Приборы и материалы: прибор по фотометрии с селеновым фотоэлементом, источник питания, реостат, микроамперметр постоянного тока на 100 мкА, ампервольтметр, соединительные провода

Введение

Полупроводниковый фотоэлемент – прибор, в котором в результате поглощения энергии падающего на него света вырабатывается ЭДС и в цепи фотоэлемента возникает ток. Фотоэлементы широко применяются в устройствах автоматики, при оптических, астрофизических, космических исследованиях. Они являются, например, основой солнечных батарей – устройств непосредственно преобразующих энергию солнечного излучения в электрическую и служащих источником электропитания космических летательных аппаратов.

В лабораторной работе применяется селеновый фотоэлемент (рис. 1). Он состоит из железной пластинки круглой формы 1, покрытой слоем селена 2, на который нанесен полупрозрачный слой золота 3. От железной пластинки и плёнки золота (на неё положено контактное кольцо 4) сделаны отводы к зажимам, с помощью которых фотоэлемент включают в электрическую цепь. В результате специальной обработки часть атомов золота проникает в селен, обладающий дырочной проводимостью, и образует в нём слой с электронной проводимостью.

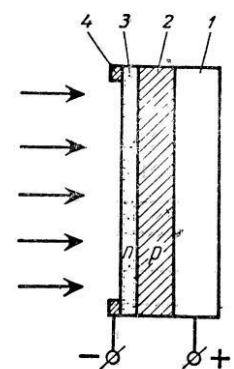


рис. 1

На границе раздела двух слоёв с различным видом проводимости создаётся электронно-дырочный переход. При освещении фотоэлемента в селене образуются свободные носители заряда, которые под действием электрического поля электронно-дырочного перехода разделяются: электроны накапливаются в электронном полупроводнике, а дырки – в дырочном. В результате на зажимах фотоэлемента возникает ЭДС. Если фотоэлемент подключить к гальванометру и осветить, то в цепи возникает фототок. Прибор (рис.2) с которым выполняют данную работу, представляет собой горизонтально расположенную пластмассовую коробку 1, в левой части коробки находится селеновый фотоэлемент, который соединён гибкими проводами с двумя зажимами 2. При помощи рукоятки 3 фотоэлемент можно поворачивать вокруг горизонтальной оси на 90° . Ось вращения проходит по диаметру активной поверхности фотоэлемента. Угол поворота определяют по шкале угломера, укрепленного на поверхности корпуса прибора. На корпусе прибора укреплена шкала 4 с делениями от 0 до 30 см, причём нулевое деление шкалы совпадает с плоскостью чувствительного слоя фотоэлемента.

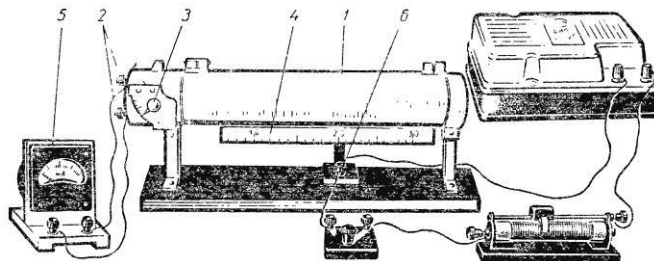


рис. 2

Ход работы:

Задание 1. Выясните, как зависит сила тока, даваемого фотоэлементом, от расстояния до источника света

Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений (табл. 1).

Таблица 1

Расстояние между фотоэлементом и лампой r , см									
Сила фототока I , мкА									
Обратный квадрат расстояния $1/r^2$, см ⁻²									

2. Ознакомьтесь с устройством прибора.

3. Расположите фотоэлемент прибора перпендикулярно к оси трубы и соедините его зажимы с микроамперметром (рис.2).

4. Присоедините к источнику тока через выключатель и реостат электрическую лампу и установите её внутри прибора на расстоянии 10 см от фотоэлемента; реостатом подберите такой накал нити лампы, чтобы стрелка микроамперметра отклонилась на всю шкалу.

5. Увеличивайте расстояние между лампой и фотоэлементом и через каждые 2 см измеряйте силу тока. Результаты измерения занесите в таблицу.

6. Постройте график зависимости силы фототока I от расстояния r и график зависимости силы фототока I от обратного квадрата расстояния $1/r^2$ (значение силы фототока отложите по вертикальной оси). Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Как устроен селеновый фотоэлемент.
2. Как следует изменить расстояние от лампы до фотоэлемента, чтобы сила тока увеличилась в 4 раза. Накал лампы неизменен.

Задание 2. Выясните, как зависит сила фототока от угла падения пучка света на фотоэлемент
Для получения параллельного пучка лучей, падающих на фотоэлемент, используйте собирающую линзу с фокусным расстоянием 8,5 см (прилагается к прибору). Постройте график зависимости силы фототока от угла падения и график зависимости силы фототока I от косинуса угла падения. Сделайте вывод.

Задание 3. Выясните, как зависит сила фототока от мощности электрического тока, потребляемого лампой накаливания

Постройте соответствующий график. Для измерения силы тока и напряжения на лампе можно воспользоваться ампервольтметром или аналогичным прибором.

Охарактеризуем эффективность работы фотоэлемента отношением силы фототока, даваемого элементом, к мощности, потребляемой источником света (лампочкой):

Задание 4. Выясните, как зависит коэффициент эффективности от мощности, потребляемой источником света (лампочкой)

Постройте соответствующий график. Дайте объяснение полученному результату.

Примечание.

Из курса физики известно, что мощность P теплового излучения нагретого тела определяется четвертой степенью его абсолютной температуры T (закон Стефана – Больцмана):

$$P \sim T^4.$$

Литература

1. Учебное оборудование по физике в средней школе. Пособие для учителей. Под ред. А.А. Покровского. М. «Просвещение», 1973.
2. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал/ В.А. Бурков, Ю.И. Дик, Б.С. Зворыкин и др.; под ред. А.А. Покровского, 2-е издание, М. «Просвещение», 1982.
3. Практикум по физике в средней школе: Дидакт. материал; Пособие для учителя / Л.И. Анциферов, В.А.Буров, Ю.И. Дик и др.; под ред. В.А. Букова, Ю.И. Дика, 3-е издание, перераб. М. «Просвещение», 1987.
4. Кабардин О.Ф. и др. Лабораторные работы по физике для средних профессионально-технических училищ, Учебное пособие. М. «Высшая школа», 1976.
5. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики: Дидакт. материал: 9-11 кл. / Ю.И.Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.; под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. М.: «Просвещение», 1993.
6. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики: 9-11 класс/ Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов, и др.; под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. 2-е издание, перераб. и доп. М. «Просвещение», 2002.
7. Электроника: Энциклопедический словарь/ Гл. ред. В.Г. Колесников. М. «Советская энциклопедия», 1991. См., в частности, статьи «Фотоэлектрические явления», «Фотоэлемент», «Солнечная батарея».