

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №97

СНЯТИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО ФОТОЭЛЕМЕНТА
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТЫ ВЫХОДА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры

Отметка о защите _____

Лабораторная работа № 97

СНЯТИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОВАКУУМНОГО ФОТОЭЛЕМЕНТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТЫ ВЫХОДА

Цель работы – снять вольтамперную характеристику вакуумного фотоэлемента, определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.

Приборы и принадлежности: вакуумный фотоэлемент СЦВ-3, источник питания, микроамперметр, вольтметр, реостат.

Общие положения

Фотоэлектронная эмиссия, называемая иначе внешними фотоэффектом, представляет собой испускание электронов под действием электромагнитного излучения. Эмитирующий электрод при этом называют фотоэлектронным катодом (фотокатодом), испускаемые им электроны – фотоэлектронами, а электрический ток, образуемый ими при движении во внешнем электрическом поле, называется фототоком.

Электривакуумный фотоэлемент представляет собой диод, у которого на внутреннюю поверхность стеклянного баллона нанесен фотокатод в виде тонкого слоя вещества, эмитирующего фотоэлектроны. Анодом обычно является металлическое кольцо, не мешающее попаданию света на фотокатод. В электронных фотоэлементах создан высокий вакуум. Катоды обычно применяются сурьмяно-цезиевые или серебряно-кислородно-цезиевые.

Исследование закономерностей фотоэффекта можно провести с помощью установки, схема которой представлена на рис. 1. Свет, проникающий через кварцевое окошко K_B , освещает фотокатод K , изготовленный из исследуемого материала.

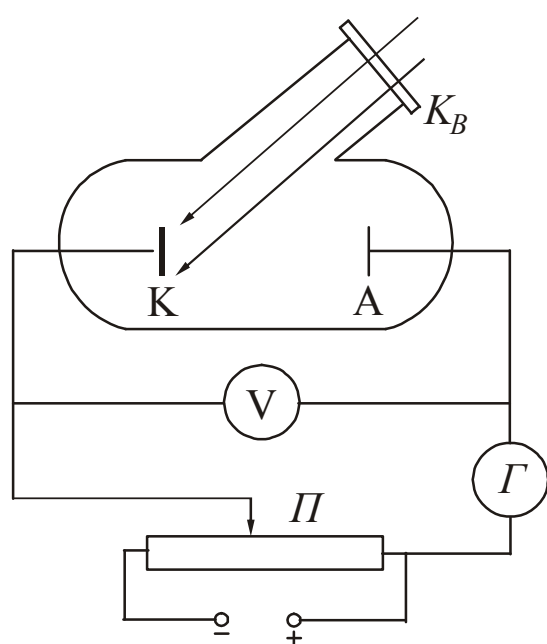


Рисунок 1

Электроны, испущенные вследствие фотоэффекта, перемещаются под действием электрического поля к аноду A . В результате в цепи прибора течёт фототок, измеряемый гальванометром Γ . Напряжение между анодом и катодом можно изменять с помощью потенциометра Π , а измерять вольтметром V .

Полученная зависимость фототока I от напряжения между электродами U , называемая вольт-амперной характеристикой, представлена на рис. 2. Характеристика снимается при неизменном световом потоке Φ .

Из анализа этой кривой можно сделать следующие выводы.

При некотором не очень большом напряжении фототок достигает насыщения. Это значит, что все электроны, испущенные

катодом, попадают на анод. Сила тока насыщения I_n будет определяться количеством электронов, испускаемых катодом в единицу времени под действием света.

Пологий ход кривой указывает на то, что электроны вылетают из катода с различными по величине скоростями. При напряжении $U=0$ часть электронов долетает до анода «самостоятельно», без помощи ускоряющего поля.

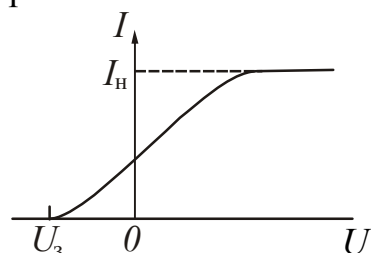


Рисунок 2

Для того чтобы обратить силу тока в нуль, нужно приложить обратное, т.е. задерживающее напряжение U_3 . При таком напряжении ни одному из электронов, даже обладающему при вылете из катода наибольшим значением скорости v_{\max} не удаётся достигнуть анода.

На основании экспериментов были установлены следующие законы фотоэффекта.

1. Фототок насыщения пропорционален световому потоку при его неизменном спектральном составе.

2. Максимальная кинетическая энергия электронов, испускаемых с поверхности твёрдого тела, пропорциональна частоте падающего света и не зависит от его интенсивности.

3. Для каждого вещества существует определенная частота, при которой фотоэффект прекращается. Эту частоту ν_0 и соответствующую ей длину волны λ_0 называют красной границей фотоэффекта.

4. Фотоэффект – явление безынерционное, т.е. испускание электронов начинается сразу же. Как только на фотокатод попадает свет с частотой $\nu > \nu_0$.

В случае поглощения света веществом каждый поглощенный фотон передает всю свою энергию электрону. Часть этой энергии электрон затрачивает на совершение работы выхода $A_{\text{вых}}$ из вещества. *Работой выхода* называется энергия, которую необходимо сообщить электрону для того, чтобы удалить его из твёрдого или жидкого тела в вакуум. Остаток энергии образует кинетическую энергию вылетевшего электрона. В этом случае по закону сохранения энергии должно выполняться соотношение

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max}^2}{2}, \quad (1)$$

которое называется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта.

Из уравнения Эйнштейна непосредственно вытекает второй закон фотоэффекта:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = h\nu - A_{\text{вых}}. \quad (2)$$

Максимальная кинетическая энергия линейно зависит от частоты, так как работа выхода для данного вещества величина постоянная. При $\nu = \nu_0$ энергия обращается в нуль. При этом

$$h\nu_0 = A_{\text{вых}}, \quad (3)$$

т.е. красная граница фотоэффекта будет определяться веществом.

Работа электрического поля по задержанию электронов по закону сохранения энергии должна равняться максимальной кинетической энергии вылетевших электронов:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_3, \quad (4)$$

где e – модуль заряда электрона, а величина U_3 называется задерживающим напряжением. Из уравнений (1) и (2) следует:

$$h\nu = A_{\text{ВЫХ}} + eU_3. \quad (5)$$

Если освещать катод поочередно светом с частотами ν_1 и ν_2 , и измерять значения задерживающих напряжений U_1 и U_2 , то согласно уравнению (5) можно записать:

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= A_{\text{ВЫХ}} + eU_{3_1}; \\ h\nu_2 &= A_{\text{ВЫХ}} + eU_{3_2}. \end{aligned}$$

Решая систему уравнений относительно $A_{\text{ВЫХ}}$, получим:

$$A_{\text{ВЫХ}} = \frac{e(\nu_2 U_{3_1} - \nu_1 U_{3_2})}{\nu_1 - \nu_2}, \quad (6)$$

где

$$\nu = \frac{c}{\lambda}. \quad (7)$$

c – скорость света, λ – длина волны соответствующего светофильтра.

Описание экспериментальной установки

Схема установки приведена на рисунке 3. Источником света является лампочка накаливания Н. Свет, проходя через светофильтр S, освещает катод К фотоэлемента ФЭ. В работе используется вакуумный сурьмяно-цезиевый фотоэлемент СЦВ-3. Он выполнен в виде стеклянного баллона, воздух из которого откачан до давления $10^{-6} \div 10^{-7}$ мм рт. ст. (рис. 3). На одну половину внутренней поверхности баллона на подкладочный слой магния или серебра нанесен тонкий слой сурьмы, а затем слой цезия. Образующееся при этом соединение Cs_3Sb служит катодом. Красная граница фотоэффекта для данного материала, в силу малости работы выхода, находится в видимой части спектра. В центральной части баллона расположен металлический анод А.

Под действием постоянного напряжения, приложенного к фотоэлементу, электроны, вылетевшие из катода, достигают анода и создают в замкнутой цепи ток, величину которого измеряют гальванометром G . Движением электронов можно управлять с помощью внешнего электрического поля, которое регулируется потенциометром R .

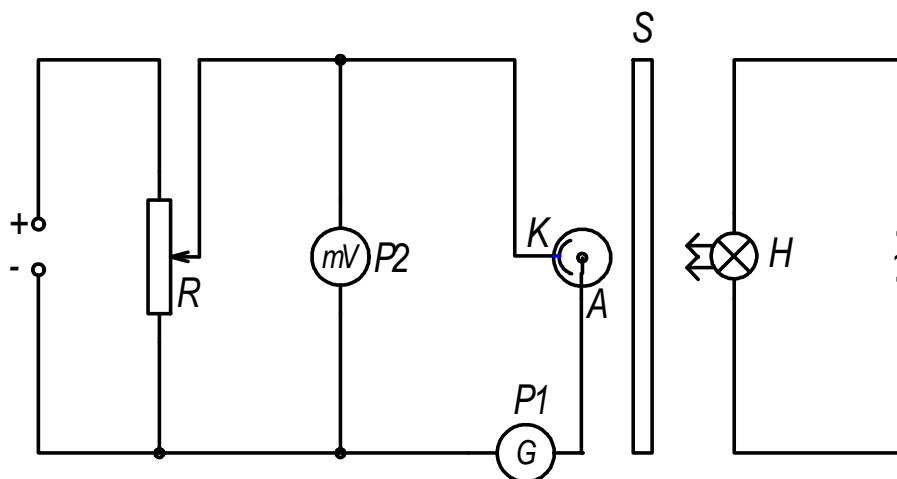


Рисунок 3

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Какие графики необходимо построить по результатам работы? Схематично нарисуйте ожидаемый вид графика.
4. Запишите формулы, по которым Вы будете рассчитывать работу выхода, частоту и длину волны, соответствующие красной границе фотоэффекта. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Подключить к электросети схему и прибор ВЗ-27.
2. Определить цену деления милливольтметра.
3. Вставить в держатель один из светофильтров и записать указанную для него длину волны. Открыть защитную крышку.
4. При разомкнутом ключе K убедиться в наличии фототока.
5. Замкнуть ключ K в положение «прямое напряжение». Снять зависимость силы фототока от прямого приложенного напряжения (7-8 пар значений), увеличивая напряжение от 0 до 1500 мВ с помощью потенциометра R . Снять зависимость два раза. Найти средние значения тока при каждом напряжении.
6. Замкнуть ключ K в положение «обратное напряжение» и, изменяя напряжение с помощью потенциометра R , снять зависимость силы фототока от приложенного обратного напряжения. Напряжение изменять от 0 до того значения, при котором фототок станет равным нулю. Снять зависимость два раза. Найти средние значения тока при каждом напряжении.
7. Заменить светофильтр и записать указанную для него длину волны.
8. Провести измерения с другим светофильтром согласно п. 4, 5, 6.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Построить графики зависимости фототока от напряжения $i=f(U)$ во всём измеренном диапазоне напряжений. По графикам определить значения задерживающего напряжения для каждого светофильтра.
2. Используя указанные значения длин волн для каждого светофильтра, по формуле (7) рассчитать частоты ν_1 и ν_2 .
3. По формуле (6) рассчитать работу выхода $A_{\text{вых}}$. Значение работы выхода выразить в электронвольтах, учитывая, что $1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.
4. Рассчитать значение красной границы фотоэффекта ν_0 и соответствующее ему значение длины волны λ_0 , используя формулы (3) и (7).

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта
3. Проанализируйте полученную вольт-амперную характеристику.
4. Опишите устройство и принцип работы вакуумного фотоэлемента.
5. Сравните полученное значение работы выхода с табличным. Сравните экспериментально полученную вольт-амперную характеристику с теоретической зависимостью. Сделайте вывод.
6. Определите, какому интервалу шкалы электромагнитных волн соответствует полученное значение красной границы λ_0 .

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 97

Выполнил(а) _____

Группа _____

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	Милливольтметр			

Цвет светофильтра _____ Длина волны $\lambda_1 =$ _____ Частота $\nu_1 =$ _____

№ п/п	Прямое напряжение				Обратное напряжение			
	U , мВ	i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_{cp} , мкА	U , мВ	i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_{cp} , мкА
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
					$U_{3_1} =$			

Цвет светофильтра _____ Длина волны $\lambda_2 =$ _____ Частота $\nu_2 =$ _____

№ п/п	Прямое напряжение				Обратное напряжение			
	U , мВ	i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_{cp} , мкА	U , мВ	i_1 , мкА	i_2 , мкА	i_{cp} , мкА
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
					$U_{3_2} =$			

Дата _____

Подпись преподавателя _____