



**Ф6-2к. ВНЕШНИЙ ФОТОЭФФЕКТ. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК  
ФОТОЭЛЕМЕНТА С ВНЕШНИМ ФОТОЭФФЕКТОМ**

*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.      |

*Краткое теоретическое введение*

Внешним фотоэффектом называется явление испускания электронов веществом под действием света, поглощаемого этим веществом.

Работой выхода  $A_B$  называется наименьшая энергия, необходимая для освобождения электрона из данного вещества. Для электрона, которому достаточно для освобождения именно этой энергии и который поглотил фотон с энергией  $\hbar\omega$ , можно записать уравнение Эйнштейна

$$\hbar\omega = A_B + E_{K.МАКС}, \quad (1)$$

где  $E_{K.МАКС}$  – максимально возможная кинетическая энергия выбитых электронов;

$\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34}$  Дж · с - постоянная Планка с чертой;

$\omega$  - циклическая частота световой волны.

Так как началу фотоэффекта соответствует условие  $E_{K.МАКС} = 0$ , то из уравнения 1 следует выражение для циклической частоты красной границы фотоэффекта:

$$\omega_0 = \frac{A_B}{\hbar}. \quad (2)$$

Основными характеристиками фотоэлемента являются вольт-амперная, световая и спектральная.

**Вольт-амперные характеристики фотоэлемента**, полученные для одинаковой частоты, но различных интенсивностей света, представлен на рис.1. Участок  $AB$  графика соответствует току насыщения  $I_H$  фотоэлемента. Сила тока насыщения не зависит от напряжения между катодом и анодом потому что все электроны, выбитые светом в область пространства между катодом и анодом, достигают анода. При напряжениях  $U < U_A$  электрическое поле между катодом и анодом недостаточно для того, чтобы при данной геометрии фотоэлемента собрать на аноде все выбитые электроны. Сила тока становится меньше  $I_{НАС}$ .

При некоторой определенной разности потенциалов задерживающего поля  $U_3$  наступает состояние, когда даже самые энергичные из летевших к аноду электронов не коснувшись его отбрасываются назад к катоду. Ток через фотоэлемент при этом становится равным нулю (точка D графика).

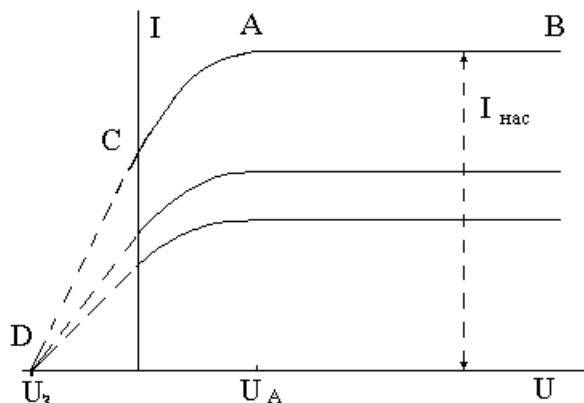


Рис.1

**Световой характеристикой фотоэлемента** называется зависимость фототока насыщения от светового потока при неизменном его спектральном составе и постоянном напряжении:  $I_n = f(\Phi_v)_{U=const}$ . Световая характеристика вакуумного фотоэлемента носит линейный характер (при не слишком больших освещенностях фотокатода, когда не создается большого отрицательного заряда у фотокатода и может быть получен ток насыщения).

**Спектральной характеристикой фотоэлемента** называется зависимость фототока насыщения фотоэлемента от длины волны падающего света при неизменной величине потока монохроматического излучения разных длин волн:  $I_n = f(\lambda)_{\Phi_\lambda=const}$ .

Для значений  $\lambda > \frac{2\pi C}{\omega_0}$  ( $C$  – скорость света) фотоэффект не наблюдается, а значит и силы

фототока насыщения равна 0. При уменьшении длины волны фототок быстро растет, достигая максимума при некоторой длине волны  $\lambda_l$ , затем уменьшается. При дальнейшем уменьшении длины волны может опять наблюдаться медленный рост фототока. Указанный характер спектральной характеристики связан с энергетическими состояниями свободных электронов и наблюдается у металлов.

Красная граница фотоэффекта для щелочных металлов соответствует энергии фотона  $\epsilon_0 \approx 3 \div 5 \text{ эВ}$ , а для остальных металлов еще больше  $\epsilon_0 \approx 10 \div 15 \text{ эВ}$ . Сказанное означает, что металлические фотоэммитеры нефоточувствительны в видимой области спектра и, кроме того, имеют, как показывает опыт, малый квантовый выход. Поэтому чистые металлы практически не используются в качестве фотоэммитеров в электровакуумных приборах.

Эффективные фотоэммитеры в видимой и ближней ультрафиолетовой областях спектра созданы на основе полупроводниковых материалов. При этом следует отметить, что переходя от металлов к полупроводникам, нужно применять в уравнении Эйнштейна (1) вместо работы выхода  $A_B$  другую энергию  $W$  – **порог фотоэффекта**:

$$\hbar\omega = W + E_{K.MAKC.} \quad (3)$$

Это связано с более сложным, чем у металлов характером энергетических состояний электронов, способных покинуть полупроводник при фотоэффекте. Существенное влияние на фотоэмиссию оказывает примесь, добавленная в полупроводник, и состояние его поверхности.

При использовании полупроводниковых фотоэмиттеров порог фотоэффекта  $W = 1 \div 2 \text{ эВ}$ .

### *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.

В качестве фотоэмиттера используется катод фотоэлемента (или полупрозрачный катод фотоэлектронного умножителя), изготовленный из полупроводникового вещества. Электроны, выбитые светом из катода, собираются анодом (роль анода у фотоэлектронного умножителя играют соединенные между собой диоды). Поскольку фотоэмиттер и анод обычно изготавливают из веществ, близких по электрофизическим свойствам, контактную разность потенциалов между катодом и анодом можно считать малой

На рис. 2 представлена электрическая схема. В качестве источника ЭДС используется генератор регулируемого постоянного напряжения блока ИПС1, работающий в диапазоне  $0..20 \text{ В}$ . Обратите внимание на правильность подключения полярности амперметра. Такое включение обеспечивает подавление сетевых наводок в измерительной цепи.

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 с помощью регулятора.

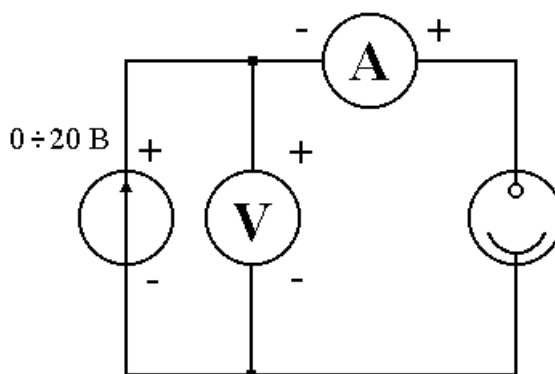


рис.2

### *Рекомендуемое задание к работе:*

1. Собрать схему рис.2.
2. Снять семейство вольтамперных характеристик  $I = f(U)_{J/J_0=const, \lambda=const}$ .
3. Снять семейство световых характеристик  $I_n = f(J/J_0)_{U=const, \lambda=const}$ , выбрав  $U$  в области тока насыщения.
4. Снять семейство спектральных характеристик  $I = f(\lambda)_{U=const, J/J_0=const}$ , включая разные фотодиоды.
5. По данным пунктов 2, 3, 4 построить графики соответствующих зависимостей.
6. По спектральной характеристике оцените работу выхода (или порог фотоэффекта) и оцените вид материала из которого сделан фотокатод (металл или полупроводник).