Выполнили:

Александр Нехаев

Тихонов Сергей

Хавронин Михаил

Фотоэлектрический способ преобразования энергии солнечного излучения

Лабораторная работа по курсу твердотельная электроника

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский физико-технологический институт

(государственный университет)

Кафедра твердотельной электроники

Оглавление

[Введение 3](#_Toc23428061)

[Цели работы 3](#_Toc23428062)

[Теоретическое введение 3](#_Toc23428063)

[Электронно-дырочный переход 3](#_Toc23428064)

[Статическая вольтамперная характеристика тонкого -перехода 4](#_Toc23428065)

[Экспериментальная часть 4](#_Toc23428066)

[Подготовка к работе 4](#_Toc23428067)

[Ход работы 6](#_Toc23428068)

[Измерение темновых в/а характеристик 6](#_Toc23428069)

[Измерение световых характеристик 9](#_Toc23428070)

[Измерение световых характеристик с фильтрами 9](#_Toc23428071)

[Вывод 10](#_Toc23428072)

# Введение

## Цели работы

1. Исследование темновой и световой вольтамперных характеристик фотоэлемента.
2. Изучение влияния мощности падающего излучения на характеристики образца с помощью фильтров

## Теоретическое введение

### Электронно-дырочный переход

Прямое преобразование лучистой энергии Солнца в электрическую осуществляется с помощью фотоэффекта на потенциальном барьере или так называемого вентильного фотоэффекта, суть которого – возникновение фото-ЭДС при освещении контактов металл-полупроводник и переходов. Однако, вследствие сложной микроструктуры контактов полупроводника с металлом, мы ограничимся в дальнейшем наиболее ясным случаем переходов.

Рассмотрим более подробно, что представляет собой переход. Пусть два полупроводника, один из которых имеет проводимость -типа, а другой -типа приводятся в хороший контакт по плоскости , как показано на изображении *а* (Рисунок 1). Тогда под действием градиента концентрации дырки из приконтактного слоя -области будут диффундировать в -область, а электроны из приконтактного слоя -области в -область. В результате такой диффузии в приконтактном слое -области создается отрицательный объемный заряд нескомпенсированных ионов акцепторной примеси, а в приконтактном слое -области – положительный объемный заряд нескомпенсированных ионов донорной примеси. Порожденное объемными зарядами электрическое поле (направление которого показано на изображении *а* (Рисунок 1)), будет препятствовать дальнейшей диффузии основных носителей зарядов (основными называются носители, знак которых соотвествует типу проводимости полупроводника). При этом напряженность электрического поля и толщины слоев объемных зарядов в и -областях будут возрастать до тех пор, пока не достигнут своих равновесных значений , и , при которых диффузионные потоки основных носителей зарядов полностью скомпенсированы дрейфовыми потоками, вызванными электрическим полем объемных зарядов. Переходная область толщины , объединённая свободными носителями зарядов, и в которой локализовано электрическое поле с напряженностью   получила название электронно-дырочного или перехода. Толщина -перехода для различных полупроводниковых систем может изменяться от единицы и до сотых долей микрометров, а величина достигать значений .

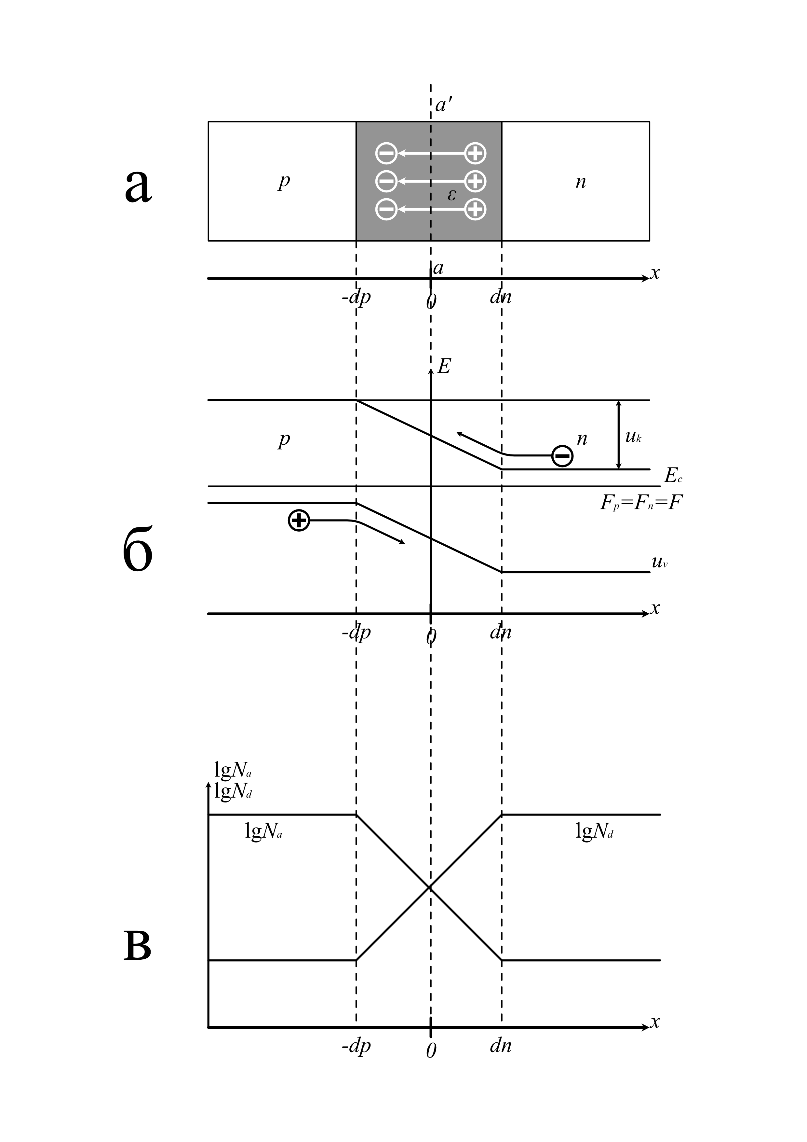


Рисунок 1: *p-n* переход

Состояние -перехода в термодинамическом равновесии легко понять, обращаясь к его энергетической диаграмме, приведенной на cхеме *б* (Рисунок 1). Здесь – дно зоны проводимости, – потолок валентной зоны, – уровень Ферми. В самом деле, электроны из -области не могут проникнуть в -область, так как для этого им необходимо преодолеть потенциальный барьер, высота которого равна контактной разности потенциалов, а энергия электронов меньше высоты этого барьера. По аналогичной причине дырки из -области не могут попасть в -область.

На практике -переходы реализуются не механическим соединением двух полупроводников, а внутри единого кристалла, в котором создают подходящее распределение донорной и акцепторной примесей, например, показанной на схеме *в* (Рисунок 1).

### Статическая вольтамперная характеристика тонкого -перехода

# Экспериментальная часть

## Подготовка к работе

Вольтамперная характеристики фотопреобразователя могут быть измерены с помощью схемы, представленной на схеме (Рисунок 2). Когда преобразователь работает как генератор электроэнергии, то в качестве источника излучения используется лампа марки 3H7 или 3Н8 с встроенным зеркальным отражателем и мощностью 500 Вт. Спектр ее излучения с помощью водяного фильтра приближен к спектру солнечного излучения и к спектральной чувствительности кремниевого преобразователя.

Перед началом и после измерений тумблеры на пульте управления и переключатели других приборов должны быть установлены в следующих положениях.

* Тумблер 1 – подачи напряжения от батареи аккумуляторов – в положении «выкл».
* Тумблер 2 – переключение полярности микроамперметра М 95 – в положении «обр».
* Тумблер 3 – переключение с микроамперметра на миллиамперметр – в положении «мА».
* Тумблер 4 – изменение полярности напряжения подаваемого на фотопреобразователь – в положении «обр.».

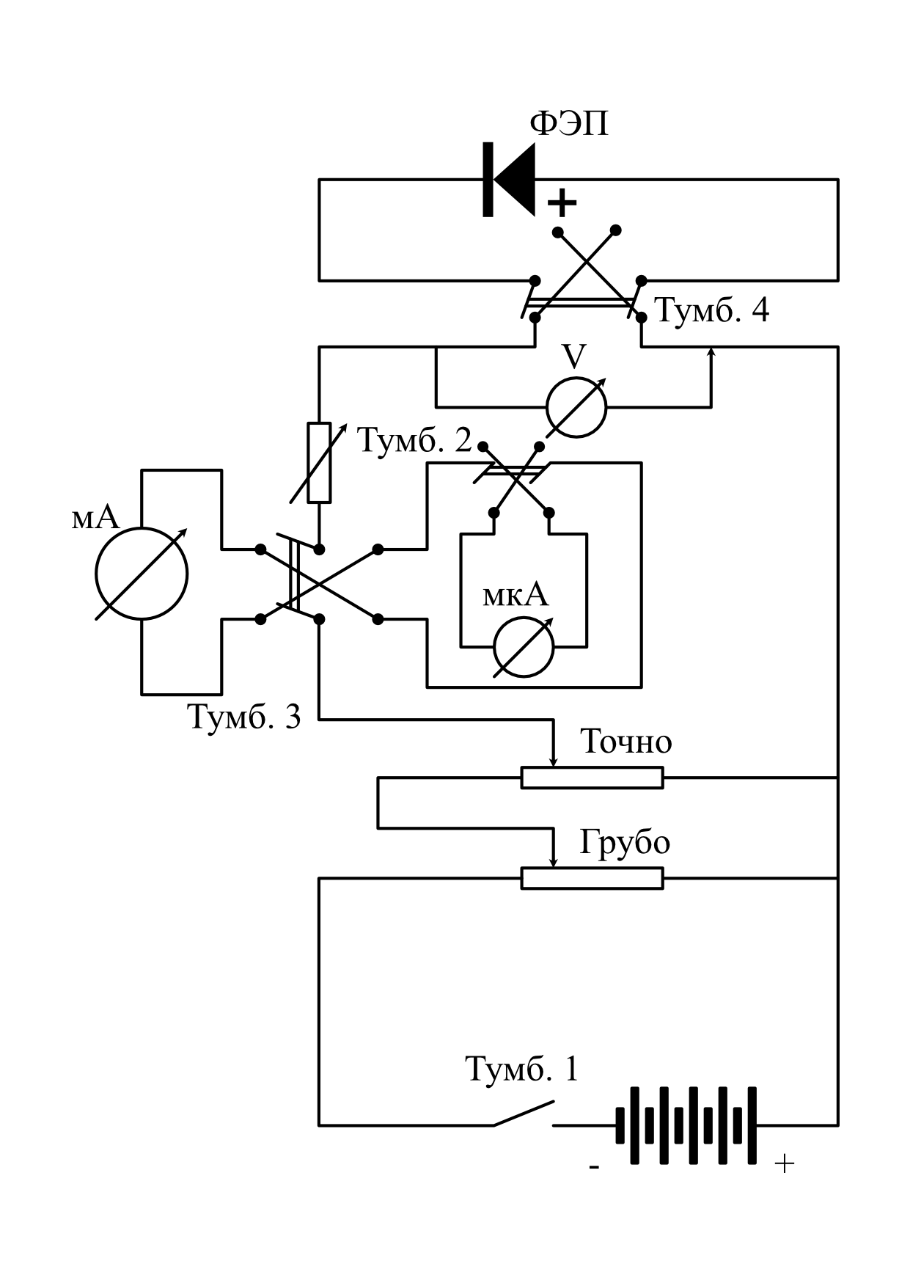


Рисунок 2: Электрическая схема установки для экспериментальных исследрваний световой и темновой в/а характеристик фотоэлементов

Потенциометры «грубо» и «точно» должны быть выведены против часовой стрелки до упора.

Переключатель шкалы микроамперметра М 95 должен стоять в положении «арретир», а наружный шунт к М 95 в положении «».

Переключатель шкалы милливольтметра М 193 должен быть на 7,5 В, а стопор прибора в положении «арретир».

Переключатель шкалы миллиамперметра М 1104 следует поставить на значение «0,015 А».

Декады магазина сопротивлений P33, выполняющего роль внешней нагрузки, должны находиться в положении «0», и тумблер «сеть» – в положении «выкл.».

Порядок экспериментальных исследований можно разбить на два этапа.

## Ход работы

### Измерение темновых в/а характеристик

Измерили обратную и прямую ветви темновых в/а характеристик. Результаты представлены соответственно в двух таблицах ( и ).

Таблица 1: Обратная ветвь темновой в/а характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| V, В | I, mkA |
| 0.01 | 0.6 |
| 0.02 | 1.6 |
| 0.03 | 2 |
| 0.04 | 2.7 |
| 0.05 | 3.5 |
| 0.06 | 4 |
| 0.07 | 4.6 |
| 0.08 | 5.1 |
| 0.09 | 5.6 |
| 0.1 | 6.1 |

Таблица 2: Прямая ветвь темновой в/а характеристики

|  |  |
| --- | --- |
| V, В | I, mkA |
| 0.02 | 1.5 |
| 0.04 | 3.9 |
| 0.06 | 7 |
| 0.08 | 11 |
| 0.1 | 17 |
| 0.12 | 24 |
| 0.14 | 33 |
| 0.16 | 47 |
| 0.18 | 68 |
| 0.2 | 94 |
| 0.22 | 116.1290323 |
| 0.24 | 164.516129 |
| 0.26 | 232.2580645 |
| 0.28 | 300 |
| 0.3 | 406.4516129 |
| 0.35 | 783.8709677 |
| 0.4 | 1364.516129 |
| 0.45 | 2245.16129 |
| 0.5 | 3629.032258 |
| 0.55 | 5419.354839 |
| 0.6 | 7838.709677 |
| 0.65 | 10161.29032 |
| 0.7 | 12580.64516 |

На основании полученных данных построили графики для каждой ветви (Рисунок 3 и Рисунок 4).

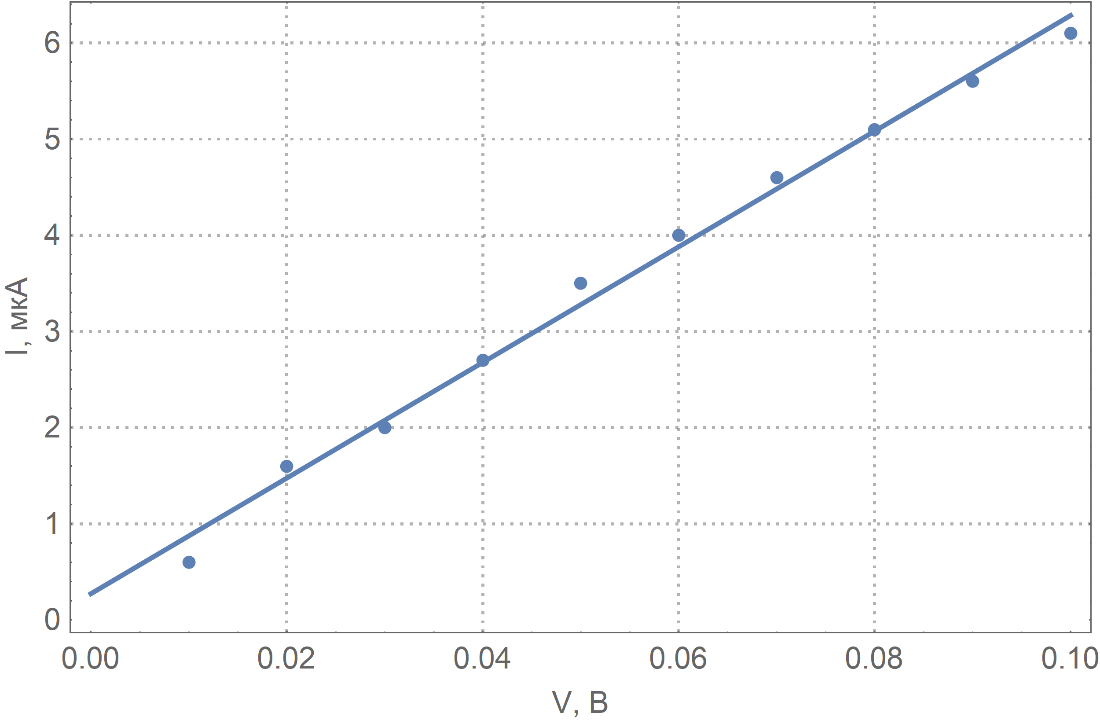


Рисунок 3: Зависимость тока от напряжения для обратной ветви

Таблица 3: Параметры аппроксимации зависимости тока от напряжения для обратной ветви

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Estimate | Standard Error | t‐Statistic | P‐Value |
| 1 | 0.273333 | 0.112218 | 2.43573 | 0.040836 |
| x | 60.12121 | 1.80856 | 33.24258 | 7.32E-10 |

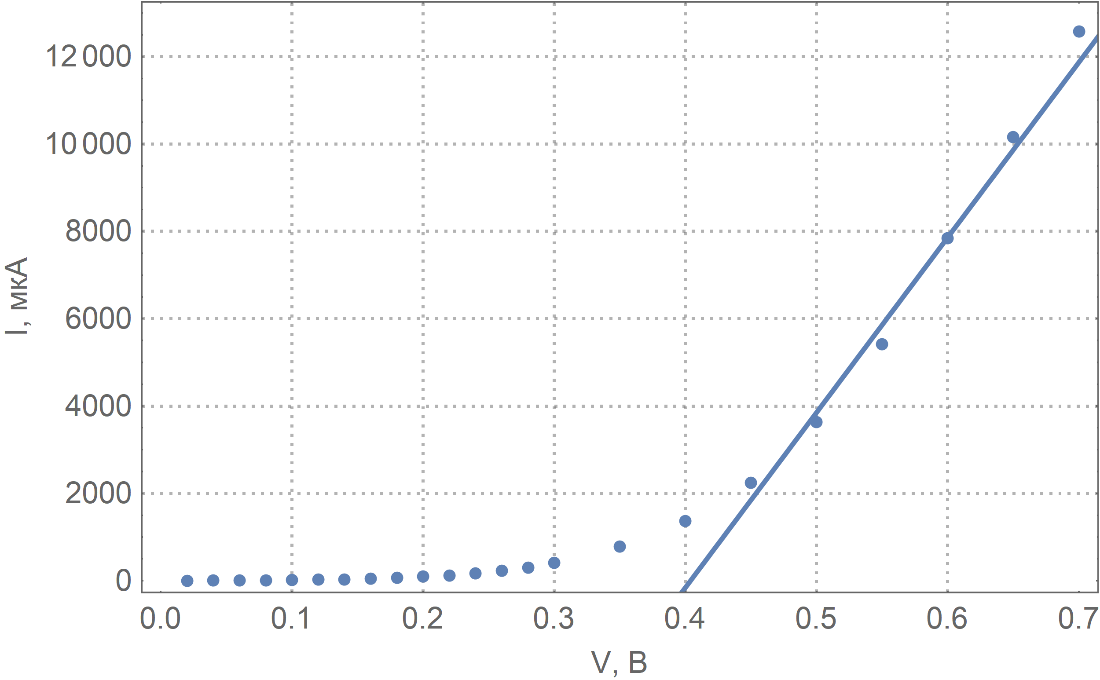


Рисунок 4: Зависимость тока от напряжения для прямой ветви

Таблица 4: Параметры аппроксимации для зависимости тока от напряжения для прямой ветви

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Estimate | Standard Error | t‐Statistic | P‐Value |
| 1 | -16187.4 | 1412.913 | -11.4568 | 0.001427 |
| x | 40083.87 | 2547.962 | 15.73174 | 0.000558 |

Из темновых в/а характеристик определим характеристики , где – коэффициент наклона прямой. Таким образом . Информация о параметрах аппроксимации кривой на графике приведена в Таблица 3.

находится из прямой ветви (Рисунок 4) по формуле , где – так же коэффициент наклона прямой. Ом. Параметры аппроксимации приведены в Таблица 4.

Построили зависимость . Зависимость приведена на графике ниже.

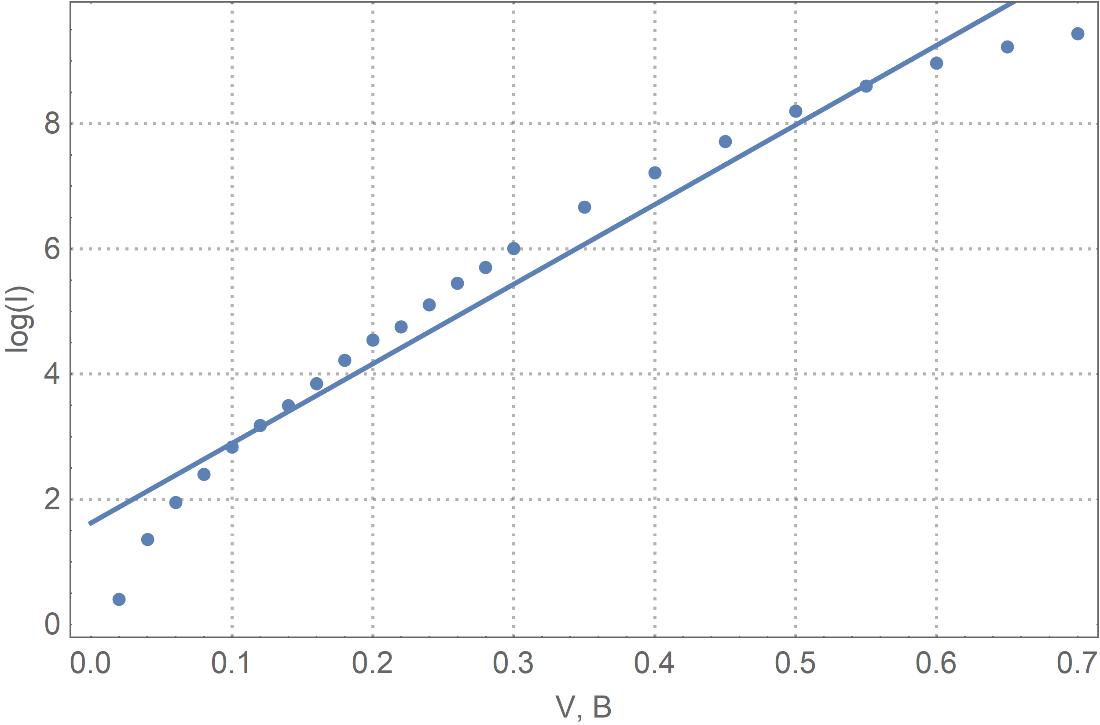


Рисунок 5: Зависимость логарифма тока от напряжения для прямой ветви

Таблица 5: Параметры аппроксимации для зависимости логарифма тока от напряжения для прямой ветви

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Estimate | Standard Error | t‐Statistic | P‐Value |
| 1 | 1.623244 | 0.210365 | 7.716328 | 1.46E-07 |
| x | 12.71819 | 0.602273 | 21.11698 | 1.26E-15 |

Из полученных зависимостей установили значения и .

### Измерение световых характеристик

Провели измерения световых характеристик фотоэлемента. По результатам измерений построили график при (Рисунок 6).

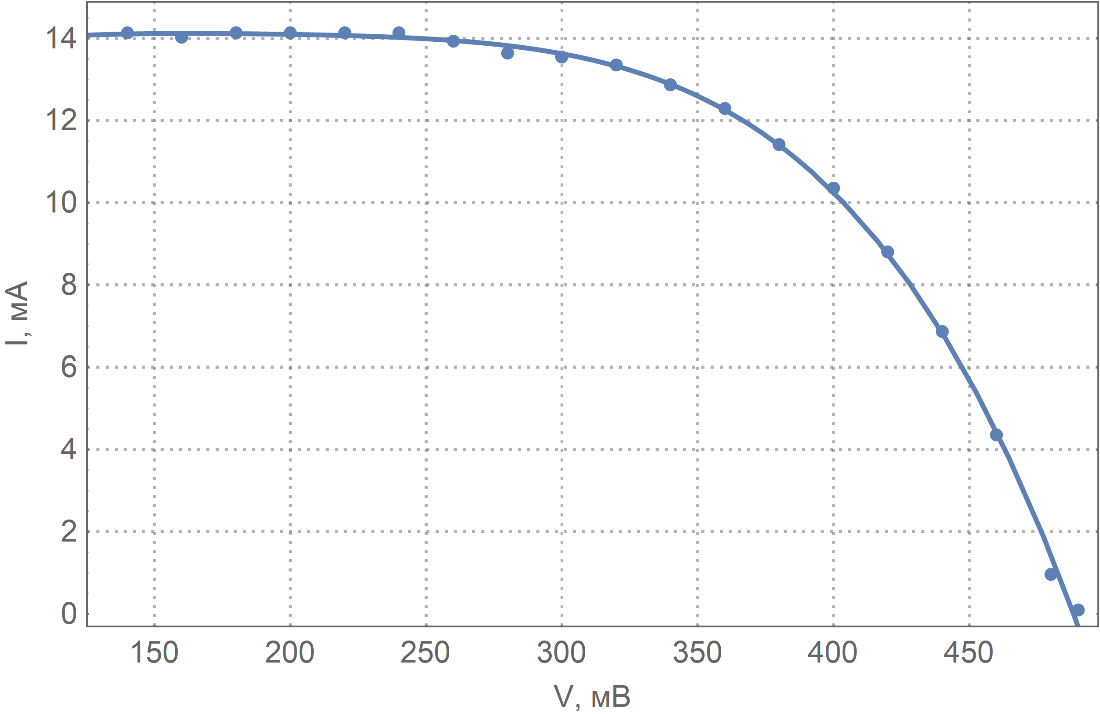


Рисунок 6: Зависимость *I=f(U)* для световой характеристики

Из графика находим значения и . Далее определим значения и для определения значения . , Тогда . Из этих значений находим , тогда .

### Измерение световых характеристик с фильтрами

По измерениям, проведенным с помощью фильтров, построили график зависимости (Рисунок 7).

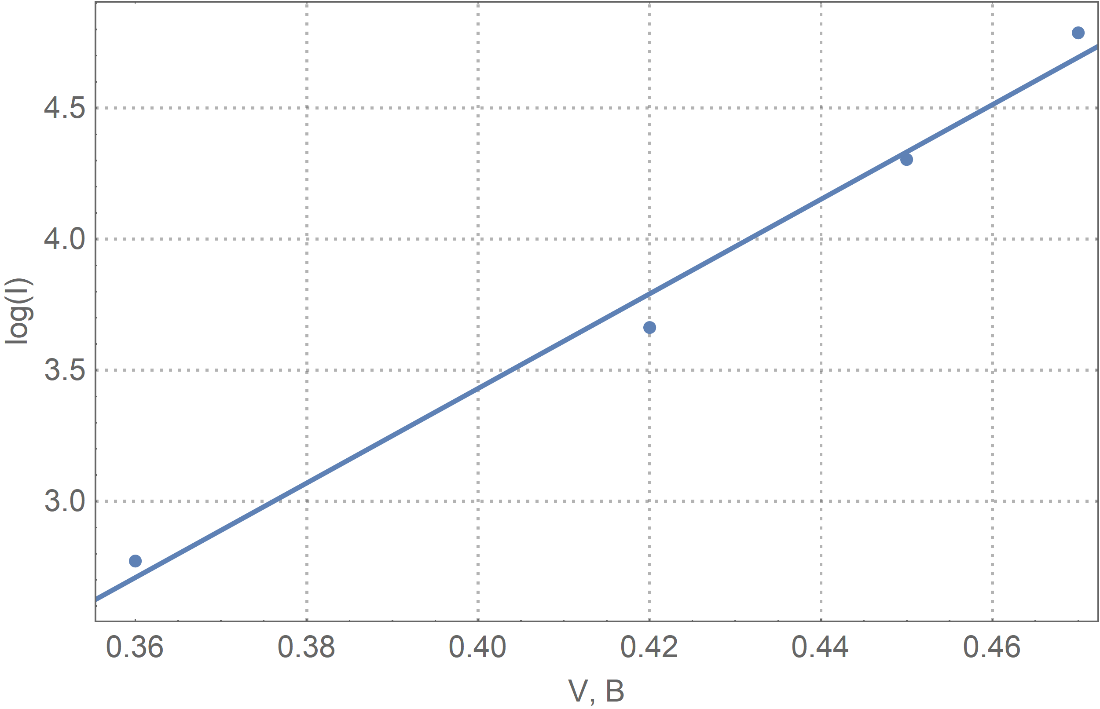
**

Рисунок 7: Зависимость log(*I*)=*f*(*U*) при переменном *W*

Таблица 6: Параметры аппроксимации зависимости log(*I*)=*f*(*U*) при переменном *W*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Estimate | Standard Error | t‐Statistic | P‐Value |
| 1 | -3.78672 | 0.630171 | -6.00903 | 0.026595 |
| x | 18.04387 | 1.475725 | 12.22712 | 0.006622 |

Аппроксимируя точки на графике, установили значения и :

# Вывод

Изучили основные характеристики фотоэлемента, сняв ВАХ без и при освещении образца, а так же изучив поведение тока короткого замыкания и ЭДС холостого хода при изменении освещенности. Рассчитали параметры образца по полученным данным , , , .