

В данной задаче НЕ требуется оценка погрешностей.

Задание

1. Поместите два красных светодиода напротив друг друга максимально близко (см рис. 3) и обмотайте их плотным слоем изолянты так, чтобы внешнее освещение не попадало на них. Измерьте вольт-амперную характеристику одного из красных светодиодов как можно точнее в диапазоне от -1.5 до 1.5 В. Подробно опишите методику измерений.



Рис. 1. Установка

2. Подайте напряжение на второй красный светодиод в соединении (осветитель) так, чтобы через него шел ток 5 мА. Опишите схему его подключения. Измерьте вольт-амперную характеристику первого светодиода в соединении (освещаемого) в пределах от -1.5 до 1.5 В.
3. Постройте графики обеих вольт-амперных характеристик на одном бланке миллиметровой бумаги.
4. График ВАХ, измеренный во втором упражнении пересекает ось токов не в нулевом значении. Этот ток носит название тока короткого замыкания. Величина тока короткого замыкания зависит от интенсивности освещения, а также от взаимного расположения осветителя и освещаемого светодиода. Попробуйте подобрать такое взаиморасположение светодиодов, чтобы ток короткого замыкания был максимальным при данном токе осветителя (5 мА). Теперь измерьте зависимость тока короткого замыкания освещаемого светодиода от тока текущего через осветитель. Постройте график измеренной зависимости и определите параметры аппроксимации линейной функцией.
5. Характерным напряжением светодиода назовем такое напряжение, при котором протекающий через него ток равен 1 мА. Измерьте характерное напряжение для красного, синего и зеленого светодиодов в условиях комнатного освещения. Опишите схему измерений.
6. Соединяйте указанным в первом упражнении способом разные светодиоды. Некоторые светодиоды, будучи осветителями влияют на ВАХ второго светодиода в паре, а

некоторые нет. Сформулируйте однозначное правило, которому подчиняется влияние или отсутствие влияния светодиода осветителя на освещаемый светодиод. Предположите, какие из выданных вам светодиодов повлияли бы на ВАХ оранжевого светодиода, если бы использовались в качестве осветителя, а какие нет. Аргументируйте свою точку зрения.

Оборудование. Три мультиметра, красный светодиод с ограничительным резистором 2 шт (рассматривайте светодиод и резистор как единый элемент), синий и зеленый светодиоды по 2 шт, два потенциометра, четыре батарейки АА, четыре держателя батареек, изолента, соединительные провода, ножницы.

Указание №1. Перед началом работы определите цвет и проверьте работоспособность каждого из выданных вам светодиодов.

Указание №2. Категорически запрещается подключать к светодиодам напряжение больше 3 В (больше двух батареек)!

Решение

1-3. Для проведения измерений соберем схему, показанную на рисунке 2.

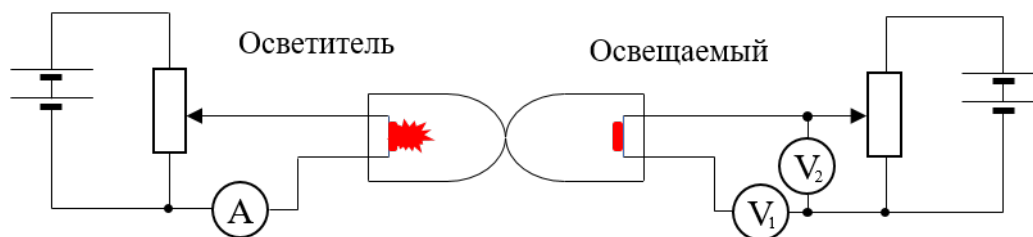


Рис. 2. Установка для измерения ВАХ

Такой выбор подключения приборов к освещаемому светодиоду обусловлен тем, что необходимо измерять очень малые токи, текущие через светодиод. В этом случае ток текущий через светодиод можно рассчитать как:

$$I = \frac{V_1}{R_V}, \quad (1)$$

где V_1 - показания вольтметра №1, $R_V = 1 \text{ МОм}$ - сопротивление мультиметра в режиме вольтметра (измерить можно непосредственно вторым мультиметром). Напряжение же на светодиоде легко найти как разность показаний двух вольтметров:

$$U = V_2 - V_1, \quad (2)$$

где V_2 - показания вольтметра №2.

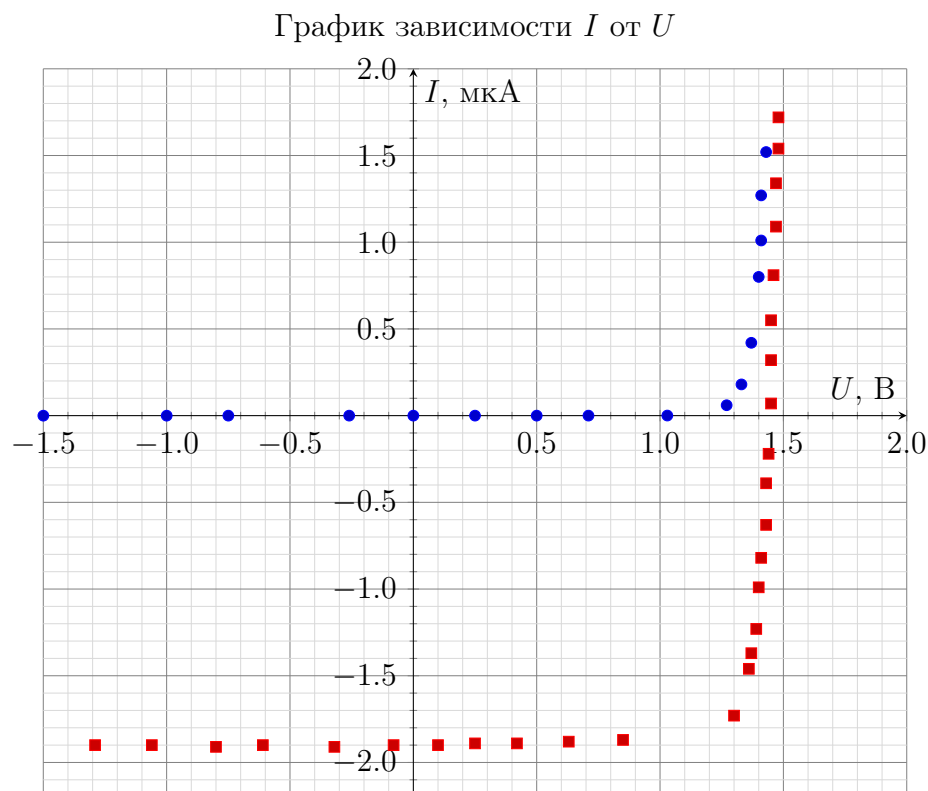
Измерим вольт-амперные характеристики красного светодиода под освещением и без освещения. И построим их графики.

Под освещением

V_2 , В	V_1 , В	U , В	I , мкА
3.20	1.72	1.48	1.72
3.02	1.54	1.48	1.54
2.81	1.34	1.47	1.34
2.56	1.09	1.47	1.09
2.27	0.81	1.46	0.81
2.00	0.55	1.45	0.55
1.77	0.32	1.45	0.32
1.52	0.07	1.45	0.07
1.22	-0.22	1.44	-0.22
1.04	-0.39	1.43	-0.39
0.80	-0.63	1.43	-0.63
0.59	-0.82	1.41	-0.82
0.41	-0.99	1.40	-0.99
0.16	-1.23	1.39	-1.23
0.00	-1.37	1.37	-1.37
-0.10	-1.46	1.36	-1.46
-0.43	-1.73	1.30	-1.73
-1.02	-1.87	0.85	-1.87
-1.25	-1.88	0.63	-1.88
-1.47	-1.89	0.42	-1.89
-1.64	-1.89	0.25	-1.89
-1.80	-1.90	0.10	-1.90
-1.98	-1.90	-0.08	-1.90
-2.23	-1.91	-0.32	-1.91
-2.51	-1.90	-0.61	-1.90
-2.71	-1.91	-0.80	-1.91
-2.96	-1.90	-1.06	-1.90
-3.19	-1.90	-1.29	-1.90

Без освещения

V_2 , В	V_1 , В	U , В	I , мкА
2.95	1.52	1.43	1.52
2.68	1.27	1.41	1.27
2.42	1.01	1.41	1.01
2.20	0.80	1.40	0.80
1.79	0.42	1.37	0.42
1.51	0.18	1.33	0.18
1.33	0.06	1.27	0.06
1.03	0.00	1.03	0.00
0.71	0.00	0.71	0.00
0.50	0.00	0.50	0.00
0.25	0.00	0.25	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
-0.26	0.00	-0.26	0.00
-0.75	0.00	-0.75	0.00
-1.00	0.00	-1.00	0.00
-1.50	0.00	-1.50	0.00



4. Ток короткого замыкания - ток, отвечающий нулевому падению напряжения на освещаемом светодиоде. То есть в описываемой схеме для его измерения, необходимо с помощью потенциометра подбирать такое напряжение, при котором показания вольтметров совпадут. Током короткого замыкания тогда будут показания вольтметров, любого из них, так как они одинаковы (или показания вольтметра №1, если напряжения не совпадают точно). Измерим зависимость тока короткого замыкания освещаемого светодиода от тока осветителя. Построим ее график. Как видно зависимость является прямой пропорциональностью с угловым коэффициентом $K = 0,38 \cdot 10^{-3}$. Этот коэффициент может отличаться для разных пар светодиодов.

5. Для того чтобы измерить характерное напряжение светодиодов соберем следующую схему:

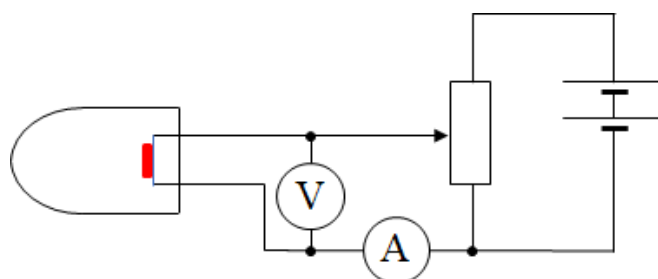


Рис. 3. Установка для измерения характерных напряжений.

Тогда показания приборов будут равняться току через светодиод и напряжению на нем

соответственно. Током, текущим через вольтметр пренебрежем, так как его сопротивление велико. Вращая ручку реостата, добьемся тока через светодиод равного 1 мА. Тогда показания вольтметра будут равны U_x . Проведем измерения для светодиодов всех цветов. $U_k = 1,75$ В, $U_z = 2,30$ В, $U_c = 2,51$ В.

6. Составим таблицу влияния различных светодиодов-осветителей на вольт-амперные характеристики освещаемых светодиодов.

Освещаемый Осветитель	Красный $U_k = 1,75$ В	Зеленый $U_z = 2,30$ В	Синий $U_c = 2,51$ В
Красный $U_k = 1,75$ В	да	нет	нет
Зеленый $U_z = 2,30$ В	да	да	нет
Синий $U_c = 2,51$ В	да	да	да

Основываясь на данных таблицы можно сформулировать правило, что если характерное напряжения осветителя строго меньше характерного напряжения освещаемого светодиода, то влияния не будет. В противном случае будет наблюдаться смещение вольт-амперной характеристики. Также стоит отметить, что характерное напряжение возрастет с порядковым номером цвета в радуге (убывает с увеличением длины волны излучения светодиода). Для оранжевого светодиода, таким образом, напряжение открытия должно лежать между красным светодиодом и зеленым. Стало быть, влиять на его характеристику будут только зеленый и синий светодиоды.

График зависимости $I_{кз}$ от I_o 