

УДК 537.9

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ RGB – СВЕТОДИОДОВ

Торговцева Н.В., Двоглазова Ю.А., студенты гр. МРб-151

Научный руководитель: Смирнов В.Г., к.ф.-м.н.

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф.Горбачева

В настоящее время все большую долю источников света, используемых человеком в быту и на производстве, занимают полупроводниковые приборы, основанные на люминесценции полупроводниковых р-п переходов при прохождении через них электрического тока. Испускание света является результатом рекомбинации свободных электронов и дырок в полупроводнике.

Электрический ток в любой среде возможен лишь при наличии свободных заряженных частиц. Свободными носителями зарядов в полупроводниках могут быть электроны, находящиеся в зоне проводимости, или дырки. Дырками называют положительно заряженные квазичастицы, которые являются вакансиями, возникающими в валентной зоне полупроводника после ухода электрона на более высокий энергетический уровень. Зона проводимости и валентная зона являются энергетическими зонами, характеризующие разрешенные значения энергии электрона в веществе. Между зоной проводимости и валентной зоной проводника существуют запрещенная энергетическая зона.

Состояния электрона с энергией, величина которой находится в диапазоне запрещенной зоны, невозможны, поэтому переход из валентной зоны в зону проводимости возможен лишь скачком, при этом образуется свободный электрон в зоне проводимости и дырка в валентной зоне, а электрону должна быть сообщена энергия, равная ширине запрещенной зоны. Данная энергия  $W_a$  называется энергия активации, для разных веществ энергия активации может иметь разное значение. Обратный переход называется рекомбинация электрона и дырки. Рекомбинация возможна при наличии одновременно свободных электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне.

При рекомбинации избыток энергии излучается электроном в окружающую среду, в том числе и в виде фотонов. При этом энергия излучаемого фотона должна быть равна ширине запрещенной зоны (энергии активации):

$W_a = hv = \frac{hc}{\lambda}$ , здесь  $h$ ,  $c$ ,  $\nu$ ,  $\lambda$  – постоянная Планка, скорость света, частота

и длина волны фотона, соответственно. От ширины запрещенной зоны зависит энергия фотона, поэтому подбирая вещества с определенной шириной запрещенной зоны можно добиться того, что будет излучаться фотон в видимом для глаза человека диапазоне спектра. Цвет видимого излучения опреде-

ляется длиной волны, которая может иметь разное значение, в зависимости от конкретного значения ширины запрещенной зоны:  $\lambda = \frac{hc}{W_a}$ .

Концентрация свободных электронов и дырок в каждом конкретном полупроводнике зависит от количества и типа легирующих примесей. У проводников n-типа основными носителями заряда являются электроны, а у полупроводников p-типа – дырки. Границу контакта полупроводников с разным типом проводимости называют p-n переходом. В ближайшей окрестности p-n перехода возникает область обеденная свободными носителями зарядов, ввиду того, что свободные электроны из n-полупроводника рекомбинируют с дырками из p-полупроводника. Распределение зарядов в этой области создает запирающую разность потенциалов. Через p-n переход возможен ток лишь в направлении от «р» к «n», но и то лишь в том случае, если внешнее напряжение превзойдет определенный порог, называемым напряжением открывания светодиода. Ширина запирающей зоны  $U$  (в вольтах) также определяется структурой энергетических уровней кристалла и ее можно сопоставить с энергией активации:  $W_a = eU = \frac{hc}{\lambda}$ , здесь  $e$  – заряд электрона.

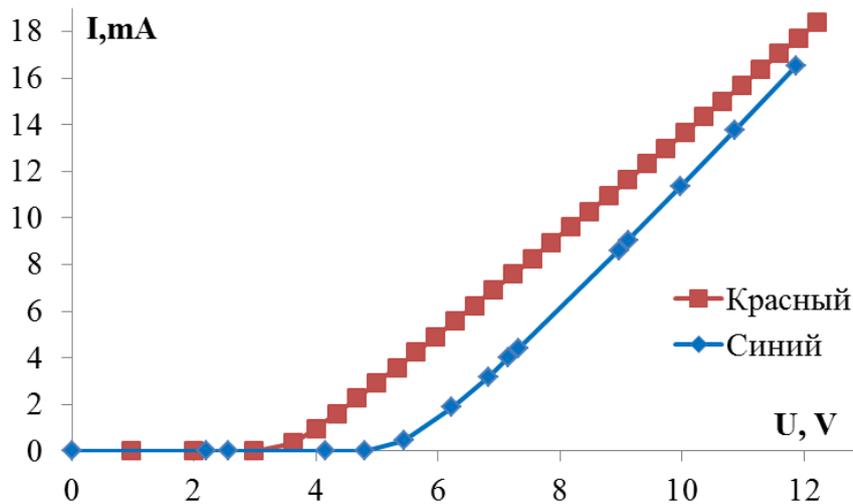


Рис.1. Вольт-амперная характеристика RGB светодиода.

Аббревиатура RGB обозначает первые буквы названий основных цветов на английском языке (red- красный, green- зеленый, blue- голубой). Смешивая эти цвета, можно получить любой другой цвет. RGB светодиоды, которые называют 3-х цветными, являются красным, зеленым и синим диодом, совмещенными в едином корпусе. RGB светильники оснащены специальными регулирующими устройствами для установки нужных оттенков.

Спектр RGB светодиода имеет ярко выраженную линейчатую форму, определяемую спектром составляющих его полупроводниковых излучателей. Такой спектр сильно отличается от спектра солнца. RGB-светодиоды позволяют легко и в широких пределах управлять цветом свечения путём измене-

ния тока каждого светодиода, входящего в «триаду», регулировать цветовой тон излучаемого ими света прямо в процессе работы – вплоть до получения отдельных оттенков.

Нами исследована вольтамперная характеристика (рис.1) и спектр излучения (рис.2.) сборки из двух одинаковых RGB-светодиодов, включенных последовательно между собой и токоограничивающим резистором. По вольтамперной характеристике (рис. 1) можно определить напряжение открывания синего  $U_B = 2.8 \text{ В}$  и красного  $U_R = 1.8 \text{ В}$  светодиодов. Исходя из этого, оце-

ним длину волны возможного излучения для синего  $\lambda_B = \frac{hc}{eU} = 444 \text{ нм}$  и

красного светодиода  $\lambda_R = \frac{hc}{eU} = 690 \text{ нм}$ . Данные значения соответствуют длинам волн для красного и для синего цвета.

Спектр излучения RGB-светодиода снимался на спектрофотометре СФ-16, где в качестве источника света устанавливался изучаемый светодиод, а интенсивность света в выбранном диапазоне длин волн регистрировалась фоторезистором ФСК-1. В исследуемом RGB-светодиоде последовательно подавалось напряжение питания (12 В) только на одну из шин, соответствующих синему, красному или зеленому цвету и снимался спектр излучения. На рис.2 показана спектральная плотность излучения в относительных единицах. Можно отметить, что основная доля излучения светодиодов находится в видимом диапазоне длин волн света, при этом достигается высокая энергетическая эффективность.

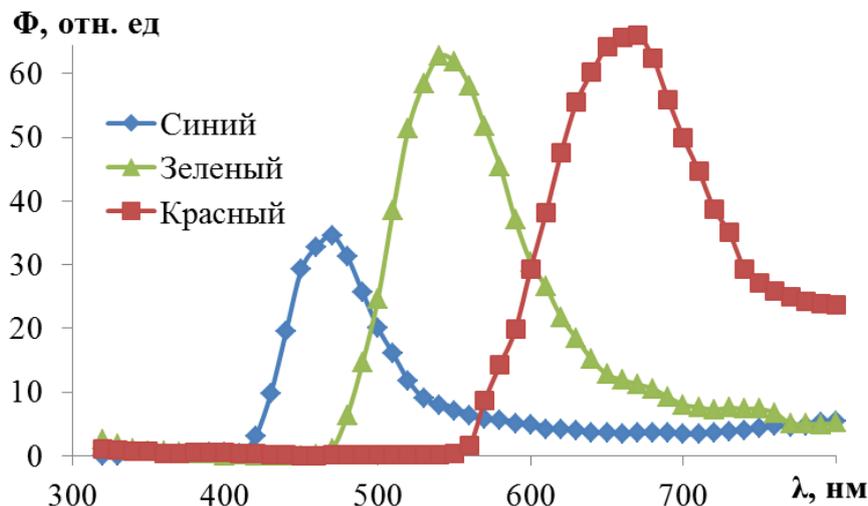


Рис.2. Спектр излучения RGB светодиода.

Прделанные нами измерения подтверждают характеристики RGB-светодиода как управляемого многоцветного источника света. Многоцветные светодиоды используются в основном для декоративной и архитектурной подсветки. Их широко используют во многих областях промышленности. Например, современные самолёты оснащены светодиодными устройствами.

Светодиодные источники света устанавливаются на морских судах и подводных лодках. Многие автомобильные корпорации разрабатывают машины со светодиодными габаритными фонарями и внутренними осветительными приборами. Существуют светодиодные фары для автомобилей, плафоны для паркового освещения, подсветки натяжных потолков в интерьерах квартир и домов.

Светодиоды по сравнению с другими видами источников света имеют ряд преимуществ. Светодиоды дают холодное свечение, не нагревая расположенные рядом электроприборы и поэтому пожаробезопасны. Светодиоды обладают малыми размерами, легкие по весу, также компактны и ударопрочны. Светодиодные лампы могут работать при любых погодных условиях (дождь, снег, град). Исследованные нами RGB-светодиоды имеют приятный внешний вид и возможность управления цветом излучения. Обычно светодиоды долговечны в эксплуатации (20 и более лет). Светодиодные лампы потребляют мало электричества по сравнению с обычными лампами накаливания, что может содействовать решению экологических проблем.

Таким образом, можно сделать вывод, что RGB – светодиоды начинают издавать свечение только при напряжении выше напряжения открывания. И в зависимости от типа подключения могут испускать узкую спектральную линию синего, зеленого или красного цвета. Комбинируя данные цвета, получают широкую палитру цвета, воспринимаемого глазом человека. Возможность управлять цветами и оттенками излучения в видимом диапазоне спектра является еще одним важным преимуществом RGB-светодиодов по сравнению с люминесцентными лампами и лампами накаливания.

### Список литературы:

1. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. — М.: Физматлит, 2008. — 496 с.
2. <http://le-diod.ru/rabota/princip-raboty-svetodioda/>
3. <http://le-diod.ru/vidy/rgb-svetodiody/>
4. <http://estelux.ru/klientam/что-такое-rgb-или-как-сде..>
5. <http://leds-tech.ru/rgb-svetodiody/22-что-такое-rgb-..>
6. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов – М.: Высшая школа, 1990. – 478 с.