

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ПЕНЗЫ
муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа № 11 г. Пензы с углубленным изучением
предметов гуманитарно-правового профиля
(МБОУ СОШ № 11 г. Пензы)

III открытый региональный конкурс исследовательских и проектных работ
школьников
«Высший пилотаж - Пенза» 2021

Исследование светодиодов и проведение экспериментов с ними

Выполнил:

Рогов Алексей,
ученик 9 «Г» класса

Научный руководитель:

Абросимова
Марина Алексеевна,
учитель физики

Содержание

Введение	3
Часть 1. Сведения о светодиодах	4
1.1. Изобретение светодиода	4
1.2. Определение. Принцип работы светодиода	5
1.3. Типы светодиодов. Их технические характеристики	7
1.4. Световая отдача	7
1.5. Области применения светодиодов	8
Часть 2. Исследование характеристик светодиодов	9
2.1. Эксперимент по измерению светового потока различных светодиодов	9
2.2. Эксперимент по измерению освещённости, у светодиодов разного типа	10
2.3. Исследование характеристик спектра светодиода при изменении режима питания	11
2.4. Эффективность светодиодов	11
2.5. Экологичность светодиодов	13
Заключение	14
Список литературы	15
Приложение 1	16
Приложение 2	17

Введение.

В квартире, где я проживаю, все люстры, светильники и различные световые приборы светодиодные. Со временем я всё больше стал это замечать, но окончательно осознал этот факт, когда мы решили поменять люстру в зале. Дедушка сказал: «Необходимо покупать светодиодную люстру, ведь у светодиодов, по сравнению с лампами накаливания, в свет превращается примерно 40% энергии».

При выборе люстры я удивился, увидев, что от одного нажатия кнопки свет люстры меняется от ярко белого до желтоватого, точно такие же маленькие огоньки в люстре зажигались то красным, то зеленым, то синим светом.

Я решил узнать, что такое светодиод, как он устроен, лучше ли он, чем лампы накаливания, люминесцентные лампы, безопасно ли свечение светодиода. Интерес к светодиодам растёт быстрее, чем область их применения в светотехнике. Теперь говорят - за ними будущее.

По-английски светодиод называется light emitting diod, или LED.

Актуальность работы: светодиодное освещение набирает всё большую популярность, и человеку необходимо знать, как можно больше о светодиодах.

Быстрое развитие полупроводниковых технологий привело к созданию полупроводниковых приборов, в которых реализуются новые принципы генерации света - это светоизлучающие диоды (светодиоды). В светодиодах происходит преобразование энергии инжектированных в область электронно-дырочного перехода электронов в энергию светового излучения с высокой (до 300 Лм/Вт) эффективностью преобразования электрической энергии в световое излучение.

Цель работы: выяснив все необходимые данные о светодиодах, произвести замеры показателей светового потока и освещённости у светодиодов разного типа и сравнить их. Исследовать эффективность образца-светодиода.

Задачи:

- выяснить кто и когда изобрёл светодиод;
- понять принцип работы светодиода;
- выяснить возможность использования светодиодных приборов в различных областях жизнедеятельности;
- выяснить какие бывают светодиоды, их типы и конструктивные особенности;
- произвести эксперименты по измерению светового потока и освещённости светодиодов;
- исследовать эффективность образца-светодиода;
- составить таблицы на основании экспериментальных данных;

Объект исследования: светодиоды разных типов.

Предмет исследования: характеристики светодиодов.

Часть 1. Сведения о светодиодах.

1.1. Изобретение светодиода.

В 1927 году после проведения работ и исследований люминесценции карбида кремния физик–изобретатель Олег Владимирович Лосев (рис. 1) оформил два авторских свидетельства на «Световое реле» - прототип современного светодиода. В 1929 году работы по изучению эффекта усиления на полупроводниковых кристаллах цинкита привели к созданию Лосевым детекторного приёмника с генерирующим диодом – Кристадин. Кристадинный детектор был произведён в примитивных условиях, в отличие от вакуумных трубок и современных полупроводниковых приборов.

Оптика — это раздел физики, в котором изучают свойства света, его физическую природу и взаимодействие с веществом¹.

С шестидесятых годов 20 века производство светодиодов встало на промышленную основу. Это были маломощные индикаторные светодиоды красного, жёлтого и зелёного цвета. Для получения белого цвета не хватало синего светодиода. Если бы был синий светодиод, то можно было бы получить и белый цвет двумя путями:

- сочетанием синего + красного + зелёного (RGB),
- пропуская синего цвета (с малой длиной волны 340 – 440 нанометров) через люминофор, который меняет длину синего светодиода на большую, «размазывая» излучение по своему диапазону видимого света.

Наибольшего успеха в получении синего светодиода достиг Суджи Накамура (рис. 2) из небольшой японской фирмы «Nichia Chemicals». С 1989 года он вплотную занимался разработками технологии получения синего светодиода из нитрида галлия (GaN), создав в 1991 году свой знаменитый двухпоточный метод получения плёнок нитрида галлия p – типа с очень высокой подвижностью основных носителей. В 1992 году он получил нитрид галлия r – типа. И в 1993 году был получен синий светодиод на основе InGaN.

Это был прорыв в получении светодиодов белого света. Суджи Накамура по праву считается отцом светодиодного освещения.

На начальном этапе развития светодиодного освещения было непонятно, возможно ли применение этого освещения для постоянного использования в самых уязвимых областях: школах, детских садах и других образовательных заведениях.

Огромный объем работ был выполнен исследовании воздействия светодиодных источников света на здоровье детей школьного возраста в 2011-2012 годах в Федеральном государственном автономном учреждении «Национальный научно-практический центр здоровья детей» Минздрава России. Была подтверждена возможность использования светодиодных источников освещения в общеобразовательных учреждениях. Это было закреплено законодательно 25.12.2013 г. в виде изменений в СанПиН 2.4.2.2821-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», разрешающих использование светодиодов в школах.



Рис. 1. О.В. Лосев



Рис. 2. Суджи Накамура

¹Брилёв Д.В. Большая Серия Знаний: Физика. – М.: «ТД «Издательство Мир Книги», 2006.- С. 87.

1.2. Определение. Принцип работы светодиода.

Светодиод – это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток непосредственно в световое излучение (рис. 3).



Рис. 3. Конструкция светодиода.

Как работает светодиод?

Генерация света в светодиоде происходит за счёт энергии, выделяемой при рекомбинации носителей тока - электронов и дырок – на границе полупроводниковых материалов с разным характером проводимости. Характер проводимости определяется не только самим материалом, но и примесями (легирующими веществами), вводимыми в основной материал в строго дозируемых количествах (рис. 4).

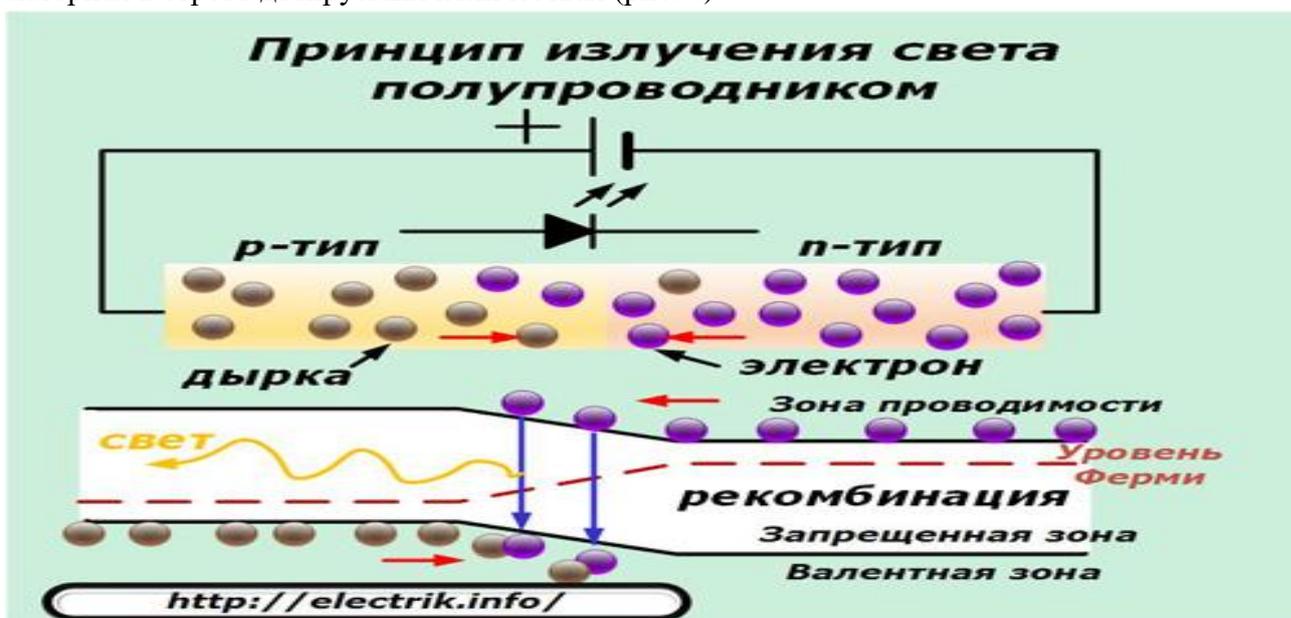


Рис. 4. Принцип излучения света полупроводником.

Материал, у которого в результате легирования проводимость определяется в основном избытком электронов, называется «полупроводником типа n». Материал с недостатком электронов, т.е. с избытком положительно заряженных ионов (так называемых «дырок»), способных притягивать электрон и становится нейтральным атомом, называется «полупроводником типа p». На границе таких материалов образуется p – n переход. При подаче напряжения прямой полярности (минус – к области с n проводимостью, плюс – к области с p проводимостью) через переход пойдёт ток, а при рекомбинации электронов и дырок будет выделяться световая энергия (фотоны). Длина волны света, испускаемого фотонами, зависит от уровня перехода фотона (длина волны – это цвет).

Цвет отличается от света тем, что это отраженный свет. Например, если мы видим зеленые листья, то ткани листьев не воспринимают свет (электромагнитное излучение) с длиной волны от 500 до 560 нм.

Ниже приведены диаграммы излучения светодиодов с люминофором.

Первый пик – это излучение синего светодиода, второй – это его распространение в люминофоре.

Таким образом, излучением синего светодиода (450 нм) с помощью люминофора охватывается весь диапазон видимого света (рис. 5, 6).

RELATIVE SPECTRAL POWER DISTRIBUTION - WHITE

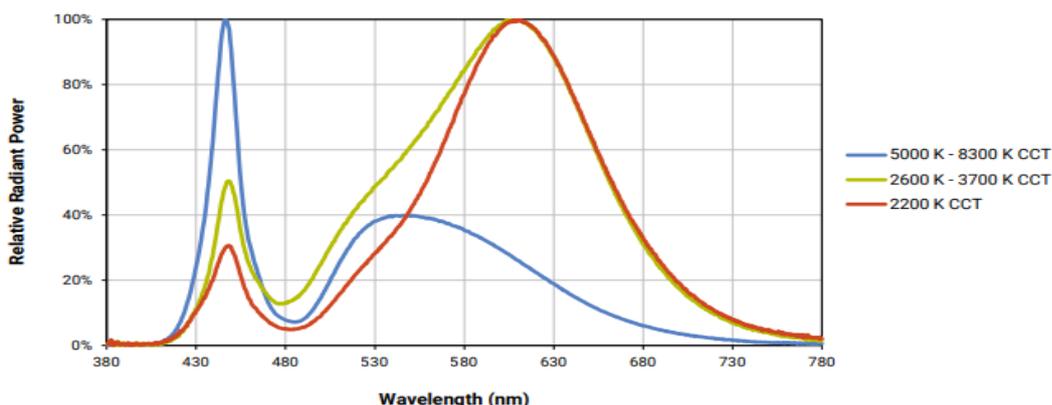


Рис. 5. Спектральная диаграмма белого

RELATIVE SPECTRAL POWER DISTRIBUTION - ROYAL BLUE

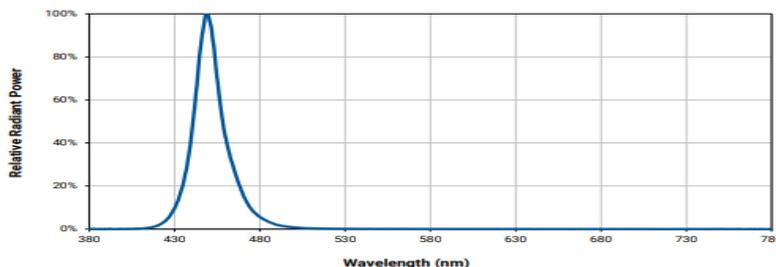


Рис. 6. Спектральная диаграмма синего светодиода

Верхняя диаграмма отражает излучение белого светодиода при разных световых температурах.

На нижней диаграмме показан спектр излучения синего светодиода. Максимум излучения приходится на длины волн 440-460 нм. За счёт люминофора это излучение «размывается» по всему видимому диапазону. Видимый диапазон спектра это от синего света (380 нм) и до красного (780 нм). В этом диапазоне укладывается вся радуга: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый.

В зависимости от толщины люминофора второй пакет излучений появляется справа от базового излучения (460 нм), и чем толще слой люминофора, тем правее – в районе 600 нм. Толщиной слоя люминофора определяется корреляционная цветовая температура: тонкий слой – холодный белый свет (5000 К); толстый слой – тёплый свет (2700 К). Цветовая температура обозначается в градусах Кельвина.

1.3. Типы светодиодов. Их технические характеристики.

Таблица 1. Характеристики светодиодов ведущих производителей мира.

Тип	Производитель	Параметры			
		U = 2,9 В	I = 350 мА	I max = 3 А	T = 4000 К
XTE	CREE, США	U = 2,9 В	I = 350 мА	I max = 3 А	T = 4000 К
SZ5	Seoul Semiconductor, Республика Корея	U = 2,9 В	I = 350 мА	I max = 3 А	T = 4000 К
SVL	Светлана – Оптоэлектроника, Россия, СПб	U = 2,9 В	I = 350 мА	I max = 3 А	T = 5000 К

При надлежащем теплоотводе данные светодиоды могут потреблять до 9 Вт мощности.

1.4. Световая отдача.

Любой источник света, будь то лампа накаливания, люминесцентная лампа или светодиод, имеют общие параметры: это световой поток, потребляемая мощность и световая температура.

Если световая температура определяет в основном эстетическую составляющую освещённости и комфортность наших глаз, то световой поток и потребляемая мощность напрямую влияют на стоимость светильника, на эффективность его использования. Эта зависимость светового потока и мощности определяется отношением:

$$H = \frac{\Phi}{P}, \text{ где}$$

H — световая отдача

Φ — световой поток (Лм)

P — потребляемая мощность (Вт).

Таким образом, световая отдача — это световой поток, испускаемый источником света, при потреблении им одного ватта мощности. Чем выше световая отдача, тем больший световой поток получим от источника света при потреблении одинаковой мощности.

Световая отдача ламп накаливания 13 Лм/Вт, у люминесцентных ламп 40-100 Лм/Вт, у светодиодов - до 200 Лм/Вт, что лишний раз подтверждает выгоду использования светодиодов

над другими источниками света.

Светоотдача зависит от многих факторов, но основным является температурный режим работы светодиода, т.е. при повышении температуры кристалла светодиода светоотдача уменьшается.

Таким образом, при увеличении тока на светодиоде, то есть увеличении потребляемой мощности, температура кристалла растёт, световой поток растёт, а светоотдача падает, поэтому важно выбрать такой ток светодиода, чтобы и световой поток был высок, и температурный режим работы не превышал рекомендуемых параметров. Также нельзя забывать и об экономической выгоде использования светодиодов.

1.5. Области применения.

Светодиоды находят применение практически во всех областях светотехники (рис. 7).

Светодиоды оказываются незаменимы в дизайнерском освещении, благодаря их чистому цвету. Мягкий тёплый белый свет дают светодиоды в люминофорах в домашнем освещении. Немного холоднее светодиоды используют в прожекторах в промышленных светильниках, в светильниках для общих мест пользования. При добавлении красных и синих светодиодов в светильник мы получаем фитосветильники, используемые для выращивания рассады и цветов. Синий свет действует на вегетативную и корневую систему, а красный ускоряет и повышает урожайность. Используя вторичную оптику: линзы или рефлекторы, можно получить или узко направленный световой поток (от 5 до 90 градусов) или эллипсный поток света с продольной осью в 3 – 4 раза больше поперечной.



Рис. 7. Применение светодиодов.

Область применения светодиодов, благодаря широкому диапазону их характеристик, обширна. Это и все виды световой рекламы (вывески, щиты, световые короба), и замена неоновых осветительных приборов, и дизайн помещений, мебели; архитектурная и ландшафтная подсветки, одноцветные дисплеи с бегущей строкой, магистральные информационные табло, полноцветные дисплеи для больших видео экранов, внутреннее и внешнее освещение в автотранспорте, дорожные знаки и светофоры и многое другое.

По сравнению с эпохой начала распространения светодиодов в настоящее время цены на светодиоды (LED) понизились в 10 раз. Практика показывает, что совокупные затраты на приобретение и эксплуатацию светодиодных изделий в конечном счете оказываются в 2 - 2,5 раза ниже затрат на обычные светильники.

Часть 2. Исследование характеристик светодиодов

У любого освещения есть две характеристики. С одной стороны, источник света, который характеризуется световым потоком, измеряемым в люменах (Лм). Это величина мощности светового излучения. В первом эксперименте мы замерим мощность светового потока от разных светодиодов, разных производителей при разных значениях тока ($I = 70$ мА, 350 мА).

Другой стороной освещения является освещённость поверхности. Она измеряется в люксах (Лк), это количество светового потока, падающего на единицу поверхности ($\text{Лм}/\text{м}^2$). Освещённость зависит от расстояния света до освещаемой поверхности и от мощности источника света. Во втором эксперименте мы замерим освещённость от разных источников (светодиодов) при разной величине тока ($I = 70$ мА и 350 мА).

2.1. Эксперимент по измерению светового потока различных светодиодов.

Цель исследования: измерение светового потока у светодиодов разного типа.

Оборудование: интегрирующая сфера, светодиоды разных типов, блоки питания, рассчитанные на $I = 70$ мА, $I = 350$ мА.

Таблица 2. Световые потоки различных светодиодов.

Образец	Производитель	$I = 70$ мА	$I = 350$ мА
№1	CREE, США	68 Лм	111 Лм
№2	Seoul Semiconductor, Республика Корея	83 Лм	135,8 Лм
№3	Светлана – Оптоэлектроника, Россия, СПб	94,8 Лм	137 Лм
№4	Samsung, Корея	32,2 Лм	
№5	LG, Корея	23,9 Лм	

Образцы № 1, № 2, № 3 имеют типоразмер 3535 (3,5 мм X 3,5 мм), их максимальный допустимый ток (I_{max}) составляет 3 А.

Образцы № 4 и № 5 имеют типоразмер 5730 (5,7 мм X 3 мм), их максимальный допустимый ток (I_{max}) – 200 мА.

В ходе эксперимента мы измерили световой поток у 5 светодиодов.

Также отметим, что эксперимент производился не в заводских условиях и не в специализированном помещении, поэтому показания интегрирующей сферы могут не совпадать с показаниями прибора, при помощи которого они снимались у светодиодов в специальных условиях.



Рис. 8. Интегрирующая сфера – прибор для измерения светового потока.

Суть эксперимента заключена в том, что в разъем, оборудованный на интегрирующей сфере, мы вставляем светящийся светодиод, датчик, установленный на внутренней поверхности интегрирующей сферы, производит замер светового потока. Результаты замера отображаются на индикаторе прибора.



Вывод. Фактически мы исследовали два типа кристаллов (чипов) светодиодов. Мощные светодиоды – это образцы № 1, № 2, № 3 (максимальная мощность до 9 Вт) и средней мощности – образцы № 4 и № 5 (до 0,5 Вт). Мы видим, что при разных токах ($I = 70 \text{ мА}$, $I = 350 \text{ мА}$) световые потоки на образцах существенно различаются. Различие в значениях световых потоков зависит от фирмы-производителя и типа светодиода.

2.2. Эксперимент по измерению освещённости у светодиодов разного типа.

Цель исследования: измерить освещённость у светодиодов разного типа.

Оборудование: люксметр, светодиоды разных типов, блоки питания, рассчитанные на $I = 70 \text{ мА}$, $I = 350 \text{ мА}$.

Таблица 3. Освещенности различных светодиодов.

Образец	$I = 70 \text{ мА}$	$I = 350 \text{ мА}$
№1	560 Лк	1323 Лк
№2	1113 Лк	1780 Лк
№3	776 Лк	1616 Лк
№4	283 Лк	1534 Лк
№5	231 Лк	813 Лк

В ходе эксперимента мы измерили освещённость у 5 светодиодов.



Люксметр – прибор для измерения освещённости.

Суть эксперимента заключена в том, что на специальный датчик ставится цилиндр, высота которого равна 25 см ($h = 25$ см), с обратной стороны цилиндра предусмотрено лишь отверстие для светодиода, вся остальная поверхность закрыта, мы вставляем в специализированное отверстие светодиод, датчик производит замер освещённости. Результаты отображаются на индикаторе прибора.

Вывод. Освещенность зависит только от типа светодиода и потребляемой мощности. Мощные светодиоды – образцы № 1, № 2, № 3 – на малых токах не вошли в режим максимальной эффективности и имеют довольно большой разброс (в 2 раза) по освещенности. На больших токах (350 мА) освещенность коррелирует с показаниями предыдущего эксперимента. При малых токах образцы № 4 и № 5 коррелирует с показаниями предыдущего эксперимента (Приложение 1).

2.3. Исследование характеристик спектра светодиода при изменении режима питания.

Оборудование: источник питания переменного напряжения «Марс», реостат, спектроскоп, светодиод, черное стекло, фотоаппарат.

В ходе эксперимента получены спектры излучения светодиода при разных напряжениях. С повышением напряжения увеличивается коротковолновая часть спектра (Приложение 2).

2.4. Эффективность светодиодов.

Для того, чтобы использовать светодиоды с наибольшей эффективностью, мы проведём небольшое исследование на наиболее часто используемом в промышленности модуле для изготовления уличных светильников (рис. 9).

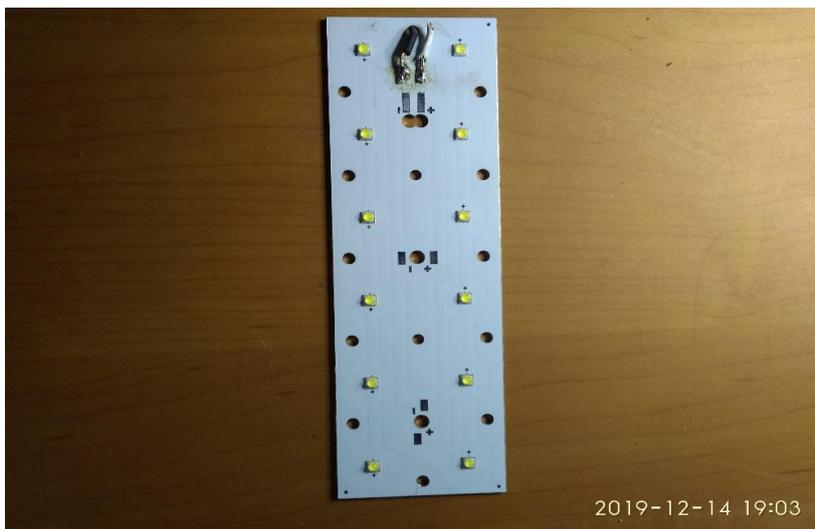


Рис. 9. Модуль LED-12-P146x44

Это модуль LED-12-P146x44 со светодиодами XTE фирмы CREE (США). На эти диоды можно подавать ток до 3А. Световой поток доступными средствами мы замерить не сможем, но между световым потоком и освещённостью прямая зависимость, поэтому мы будем замерять освещённость люксметром. Так как на светодиоде постоянное падение напряжения на переходе, то мы будем измерять только ток, подаваемый на модуль от источника питания. По отношению же освещённости к току мы будем судить об относительной светоотдаче модуля. Результаты замеров и рассчитанных отношений освещённости к току сведены в таблицу:

Таблица 4. Эффективности светодиода XTE.

Ток(А)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Освещ.(Лк)	578	815	1040	1240	1430	1640	1850	2060	2240
$K=(A)/(Лк)$	2890	2716	2600	2480	2383	2343	2312	2288	2240

Как видим из таблицы, световой поток с увеличением тока замедляет свой рост, соответственно падает коэффициент эффективности. Его существенное замедление начинается при токах 0,6-0,7 А.

Следовательно, наиболее разумно применять данные светодиоды на токе 0,7 А. При данном токе мощность модуля будет 24 Вт. Производителями модулей на токе 0,7 А заявлен световой поток 3750 Лм, светоотдача 156,25 Лм/Вт. Это очень неплохой результат.

Для чего же мы провели все вышеуказанные замеры и расчеты? Выбор рабочего тока для светодиода определяет температурный режим работы светодиода. При большом токе (даже разрешенным для данного типа светодиодов) светодиод может нагреться до 100°C и выше на р-п переходе кристалла. В этом случае люминофор быстро будет разрушаться, что сокращает срок службы светодиода. При малом рабочем токе экономически нецелесообразно ставить данные типы светодиодов. При нормальной рабочей температуре в месте пайки диода до 85°C, длительность жизни светодиода (падение светового потока на 30%) может достигать 100 тыс. часов.

Таким образом, мы на примере только одного образца светодиода убедились, что надежность и долговечность светодиодов можно увеличить до значительных величин при правильном выборе электрических параметров эксплуатации светодиодов.

2.5. Экологичность светодиодов.

Преимущества светодиодов над другими источниками электрического освещения доказаны. До появления светодиодов почти 40 лет использовались люминесцентные лампы, наполненные парами ртути. Утилизация ртутных ламп на порядок дороже утилизации изделий 4-го класса опасности.

Отсутствие в составе устройства опасных и токсичных веществ не означает, что его можно выбросить в обычный мусорный бак. Так можно утилизировать светодиодные лампы в быту.

Утилизировать светодиодные лампы на предприятии необходимо, соблюдая определенную процедуру. Причина – они относятся к 4 классу опасности в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов.

Несмотря на отсутствие ртути, цинка, других активных и опасных веществ, корпус изделия выполнен из металла, пластмассы. А на их разложение потребуются десятилетия. Их количество небольшое, но в больших объемах и при неграмотном обращении могут привести к загрязнению окружающей среды и нарушению экологического баланса.

Обращение с LED-лампами проводится по аналогии с неопасными ТБО.

Именно на промышленных объектах, крупных заводах и фабриках большие объемы применения светодиодных ламп. Соответственно и их отходы будут значительными. Поэтому руководство предприятия обязано:

- Провести расчет отходов этих ламп, используя специальные расчетные методики;
- Составить паспорт отходов;
- Организовать и осуществить централизованную утилизацию.

Как указано выше, жесткие правила прописаны для ртутных ламп. Но не существует аналогичных требований Роспотребнадзора по утилизации светодиодных ламп и светильников. Обращение с ними проводится по аналогии с неопасными твердыми бытовыми отходами (ТБО). Тем более, что разница между 4 и 5 классом опасности условная и малозаметная.

На первом этапе переработки светодиодные лампы разбираются на составляющие.

Попадая на переработку, изделия:

- Разбираются на составляющие;
- Сортируются на пластиковые, металлические и стеклянные фрагменты;
- Отсортированные отходы направляются на соответствующие линии переработки.

Если на перерабатывающем производстве какой-либо фрагмент не используется, например, нет линии для металлических сегментов, они отправляются в отходы. В дальнейшем их вывозят на захоронение или на другое предприятие, в котором такие материалы перерабатываются.

Составляющие светодиодной лампочки используются:

- Алюминиевый или пластиковый корпус – на переплавку для получения вторичного сырья;
- Стеклянные составляющие преобразуются в крошку и применяются для производства стройматериалов.

Перерабатывающее производство безопасно, не требует особых средств защиты персонала. Но ручной труд в этом случае используется редко из-за нерентабельности. На всех этапах работает специальное оборудование, а персонал нанимается в качестве операторов.

Заключение.

В данной работе мы практическим путем определили зависимость оптических характеристик светодиодов разных производителей от основной электрической характеристики - потребляемого тока.

Два основных светотехнических параметра – световой поток и освещенность зависят от многих факторов при использовании светодиодов как источников света.

Мы затронули только малую часть взаимосвязи электрических и оптических характеристик источников света, в нашем случае – светодиодов.

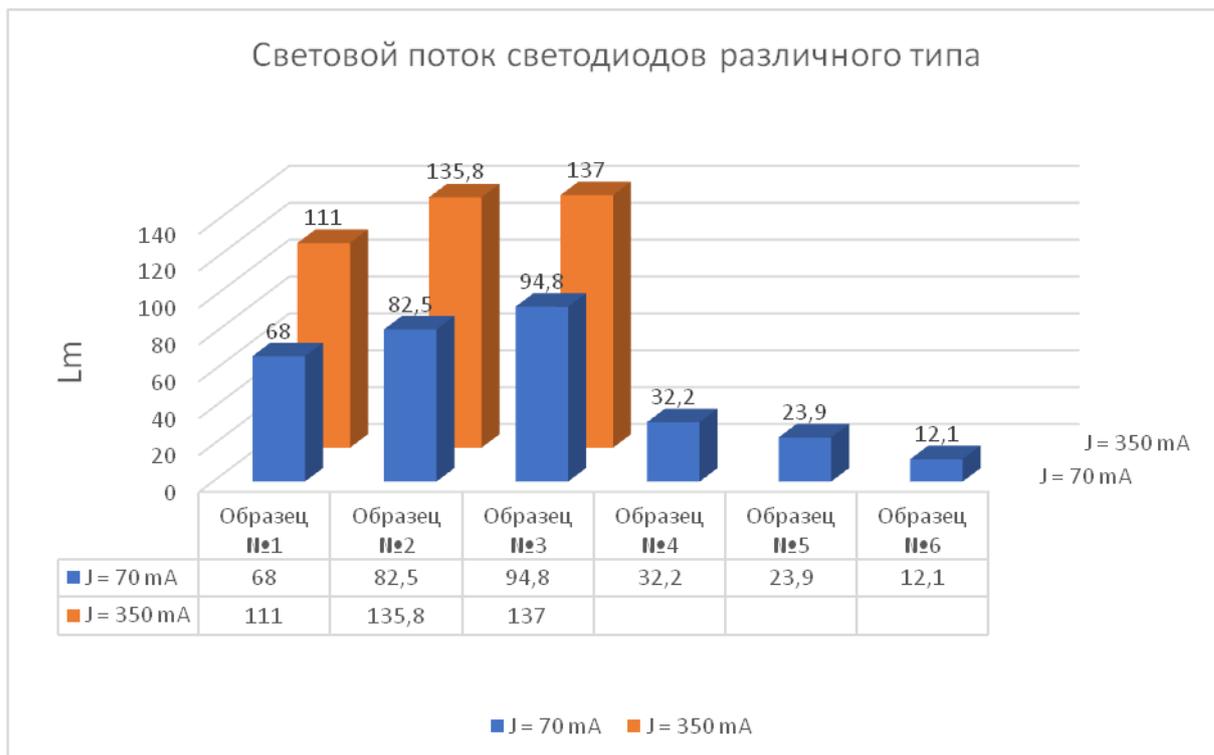
Это начало пути ознакомления, исследования, разработки и применения светодиодов как источника света.

По своим показателям светодиод намного лучше ламп накаливания или люминесцентных ламп, а этот факт подтверждает то, что светодиод - альтернативный источник освещения будущего.

Список литературы.

1. Брилёв Д.В. Большая Серия Знаний: Физика – М.: «ТД «Издательство Мир Книги», 2006.
2. Мешков В.В. Основы светотехники: Учеб. Пособие для вузов. Ч.1. 2-е изд. – М.: Энергия, 1979.
3. Справочная книга по светотехнике /под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006.
4. <http://led22.ru/ledstat/html>
5. <https://www.compel.ru/infosheet/CREE/XTEAWT-00-0000-000000G50>
6. <http://www.lightingmedia.ru/magazine/newissue/>
7. <http://elektrik.info/ledlight/1118-kak-ustroeny-i-rabotayut-svetodiody.html>
8. <http://www.energoatlas.ru/2017/05/04/и-снова-про-диоды/>
9. https://studbooks.net/2332100/tehnika/aktualnost_harakteristika_vybrannoy_problemy
10. <https://yandex.ru/turbo/s/vyvoz.org/blog/kak-utilizirovat-svetodiodnye-lampy-v-bytu-i-na-predpriyatii/>

Приложение 1. Диаграммы светового потока и освещённости у различных светодиодах.



Приложение 2. Эксперимент по измерению спектральных характеристик светодиодов белого свечения.

Установка для проведения эксперимента

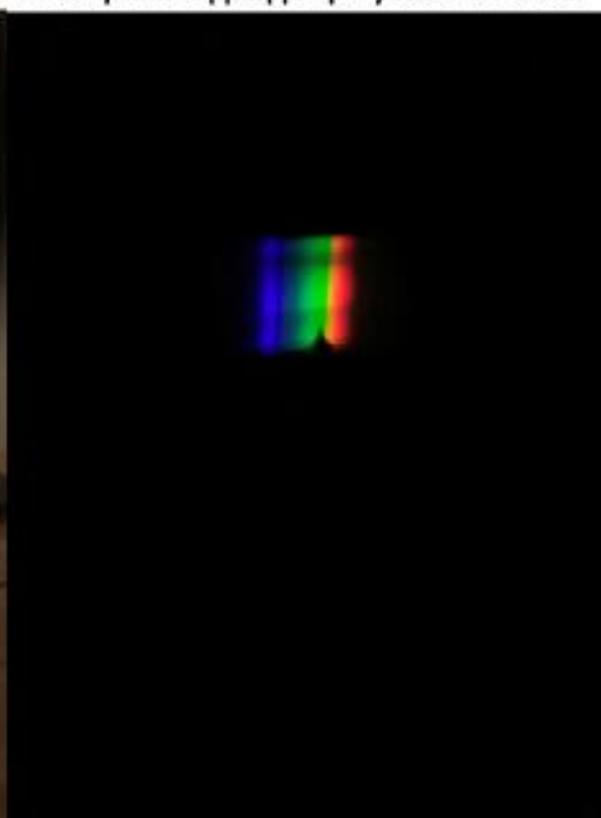


Спектры излучения светодиода при разных напряжениях.

Спектр светодиода при уменьшении U



Спектр светодиода при увеличении U



Рецензия

на научно-исследовательскую ученическую работу
«Исследование светодиодов и проведение экспериментов с ними»
учащегося 9 «Г» класса МБОУ средней школы № 11 г. Пензы
Рогова Алексея

Работа посвящена изучению характеристик светодиодов.

В настоящей работе рассмотрена зависимость оптических характеристик светодиодов разных производителей от основной электрической характеристики - потребляемого тока. Изложена методика нахождения лучшей эффективности светодиодного светильника с помощью регулируемого источника тока и люксметра, которая указывает на актуальность проводимых автором исследований.

Научно-исследовательская работа имеет четкую структуру: введение, основная часть, заключение, список литературы, приложение. Работа написана грамотным научным языком. В введении Рогов Алексей объяснил актуальность работы, четко сформулировал цель, задачи. Введение содержательно и емко. В результате четкого определения цели работы в изложении основной части обнаруживается логика, последовательность. В первой части приведены теоретические сведения, необходимые для пояснения экспериментов второй части содержания работы. Коротко изложена история открытия светодиода и развития светодиодного освещения. Указаны крупнейшие фирмы-производители светодиодов. Рассмотрено конструктивное строение светодиода. Даны основные типоразмеры светодиодов. В данной работе описаны и проведены замеры основных параметров светодиодов. Во второй части автор описывает эксперимент по измерению светового потока различных светодиодов, эксперимент по измерению освещенности светодиодов разного типа, эксперимент по определению эффективности светодиодов, исследование характеристик спектра светодиодов при измерении режима питания.

Несомненно, автор работы – Рогов Алексей - при разработке, постановке экспериментов и при написании работы проявил качества старательного и грамотного экспериментатора. Его работа «Исследование светодиодов и проведение экспериментов с ними» заслуживает отличной оценки.

Доцент кафедры «Общей физики
и методики обучения физике» ПГУ, к.п.н.

Т.В. Ляпина

