

# **Электрическое освещение бытовых и промышленных объектов**

Натриевые лампы. Ксеноновые лампы. Светодиодные лампы.

# Натриевые лампы

Натриевые лампы являются одним из наиболее эффективных источников видимого излучения. У них самая высокая светоотдача в группе газоразрядных ламп, длительный срок службы с незначительным снижением светового потока.

По рабочему давлению натриевые источники света выполняют двух видов: низкого давления (НЛНД) и высокого давления (НЛВД).

НЛНД созданы еще в 1930-е годы и работают в области первого максимума светоотдачи излучения натриевого разряда при давлении 0,2 Па.

НЛВД созданы в 1960-е годы и работают в области второго максимума светоотдачи излучения натриевого разряда при давлении 10 Па, что соответствует насыщению паров натрия при 750°C

Принцип действия натриевых ламп основан на резонансном излучении (с  $\lambda=589\text{нм}$  и  $\lambda=589,6\text{нм}$ ).

# Натриевые лампы низкого давления

Разрядная трубка НЛНД имеет диаметр 15-25 мм и изготавливаются из специальных сортов стекла. В современных лампах применяется специально разработанное стекло, не только устойчивое к воздействию горячих паров натрия, но и не поглощающее аргон, который вводится в качестве добавки к неону.

Разрядную трубку помещают в стеклянную вакуумную теплоизолирующую рубашку, придают ей U-образную форму, на внутреннюю стенку внешней колбы в современных типах наносят селективно отражающие тепловые фильтры из  $\text{SnO}_2$  или  $\text{In}_2\text{O}_3$ , которые отражают ИК-излучение на разрядную трубку и пропускают желтое резонансное излучение. Для зажигания и развития разряда в трубку добавляют неон при давлении 1-1,5 кПа и 0,5-1% аргона.

Электроды НЛНД представляют собой самокалящиеся оксидные триспиральные катоды в форме бифиляра или подобные, применяемые в ЛЛ.

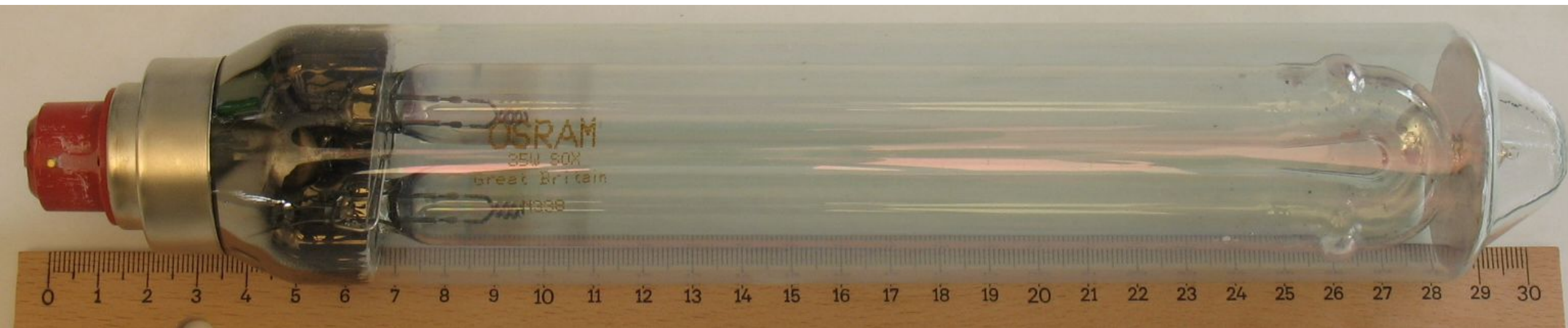
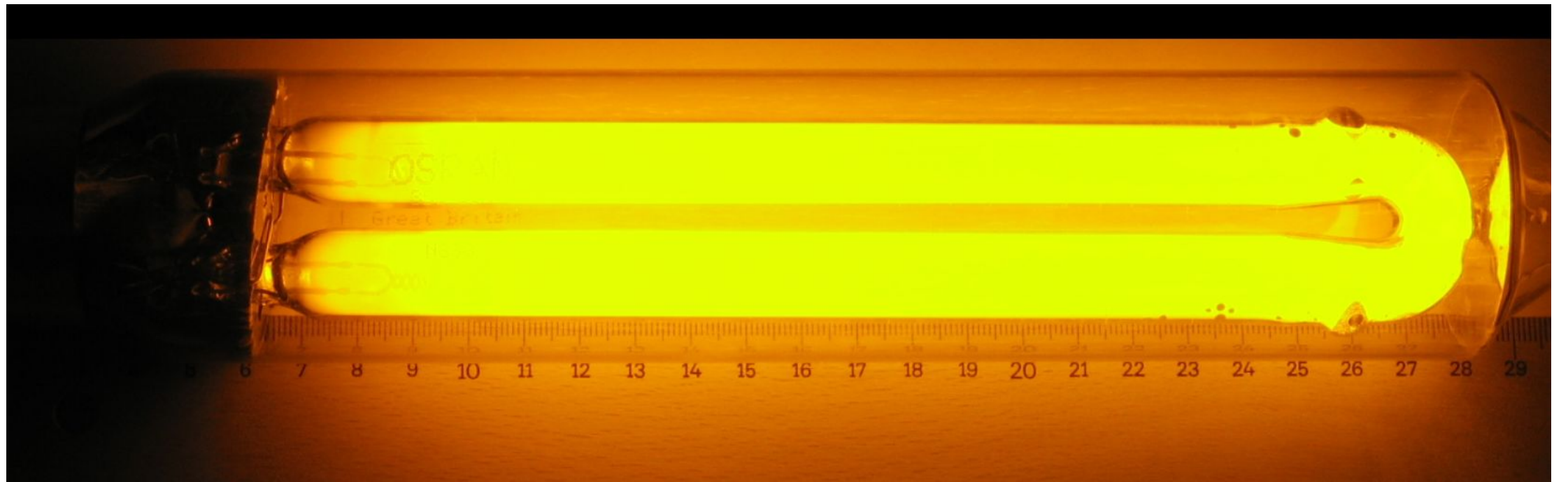
# Технические характеристики НЛНД

- Время разгорания 10-15 минут;
- Из-за полной безынерционности натриевого разряда его электрические и световые характеристики меняются в след за изменениями напряжения сети;
- Температура окружающего воздуха очень слабо влияет на работу лампы, т.к. лампа работает при высоких температурах;
- Лампы имеют горизонтальное положение горения;
- Низкий коэффициент цветопередачи;
- Лампы испускают жёлтый монохроматический свет, который обеспечивает хорошую видимость при низких уровнях освещенности, в тумане.

## **Области применения:**

Освещения автострад, туннелей, перекрёстков, складов и товарных станций, промышленных объектов, архитектурное и декоративное освещение, светосигнальные установки.

Для общего освещения эти лампы не применяются из-за сильного искажения цвета объектов.

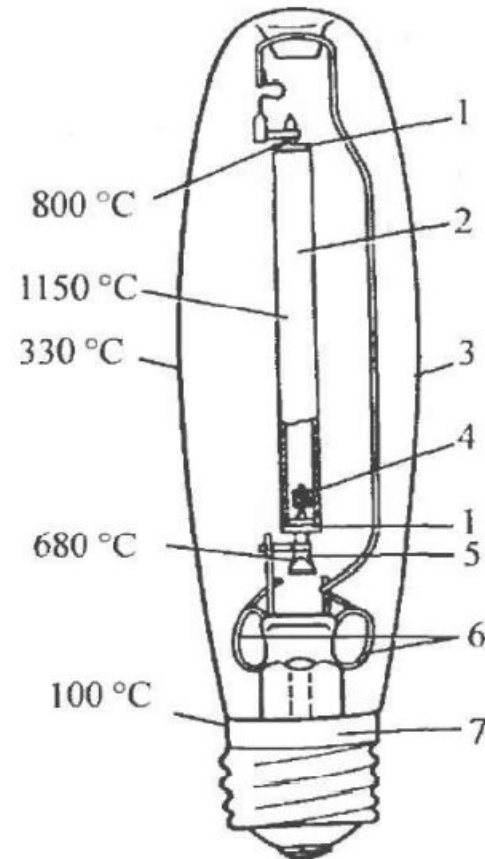


# Натриевые лампы высокого

## давления:

НЛВД содержат смесь паров натрия и ртути при высоком давлении и зажигающий газ – ксенон. Натрий, имеющий наиболее низкие потенциалы возбуждения и ионизации, является основным рабочим веществом (излучение, электроны и ионы): ртуть вводится в качестве буферного газа для повышения температуры разряда, градиента потенциала в столбе разряда и снижения тепловых потерь; вклад в излучение ртуть практически не даёт. Рабочее давление паров натрия 4-14 кПа, соотношение парциальных давлений паров натрия и ртути 1:10-1:20. Ксенон вводится при холодном давлении 2,6 кПа, он повышает световую отдачу за счёт снижения теплопроводности плазмы.

# Устройство натриевой лампы ВД:



1. Общий вид натриевой лампы высокого давления

У - керамическая заглушка; 2 — керамическая светопропускающая трубка;  
3 - внешняя колба из тугоплавкого стекла; 4 - электрод; 5 — ниобиевый  
штенгель; 6- бариевый геттер (газопоглотитель); 7 - цоколь



# Устройство натриевой лампы ВД:

Цилиндрическая разрядная трубка, смонтированная в вакуумированной внешней колбе. Разрядная трубка изготавливается из особо чистой окиси алюминия в виде диффузно пропускающей свет поликристаллической керамики (поликор, люкор), либо в виде прозрачного трубчатого монокристалла (лейкосапфир).

Эти материалы устойчивы к длительному воздействию паров натрия при температуре до  $1600^{\circ}\text{C}$ , вакуумоплотные и механически прочные, имеют общий коэффициент пропускания видимого излучения 90-95%.

# Устройство натриевой лампы ВД:

В качестве материала ввода лампы используется ниобий – тугоплавкий, химически стойкий материал с температурой и коэффициентом расширения, близким к керамике. Пайка ввода к оболочке разрядной трубки осуществляется при помощи специальных высокотемпературных стеклоцементов при 1400-1500<sup>0</sup>С. Конструктивно вводы могут быть выполнены в виде керамической втулки, диска или ниобиевого колпачка, в которые впаяны ниобиевая трубка, служащая одновременно откачным штенгелем, держателем электрода и внешним выводом к разрядной трубке.

**Штенгель** - Деталь ножки лампы в виде трубки, сообщающейся с внутренней полостью колбы или горелки, служащая для откачки воздуха из колбы или наполнения ее газом и для дозирования металлов.

# Технические характеристики НЛВД

- Напряжение зажигания лампы до 4 кВ, для снижения напряжения вместо ксенона используют смесь неона и аргона, что уменьшает светоотдачу;
- Цвет излучения золотисто-белый ( $T_{\text{ц}} = 2100 \text{ К}$  – цветовая температура);
- Время разгорания до 7 минут, по мере разгорания спектр излучения меняется от монохроматического жёлтого до нормального, что определяется скоростью нагрева лампы;
- Время повторного зажигания до 3 минут;
- Работают при температуре окружающей среды от  $-60$  до  $40^{\circ} \text{С}$ .
- Срок службы до 20000 часов, за 10000 часов спад светового потока не более 20%.

# Технические характеристики ламп НЛВД:

**Технические характеристики ламп типа ДНаТ**

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения. ч
	Мощность, Вт	Световой поток лампы, лм	Светоотдача, лм/Вт	
ДНаТ70	70	5800	80	6000
ДНаТ 100	100	9500	95	6000
ДНаТ 150	150	14 500	100	6000
ДНа Г250	250	25 000	100	10 000
ДНаГ400-1	400	47 000	125	15 000
ДНаТ210	210	18 000	86	10 000
ДНаТ360	360	35 000	97	15 000

# Особенности эксплуатации НЛВД (ДНаТ)

Допускается замена ДРЛ на ДНаТ в светильнике, но использовать можно для этого только НЛВД с увеличением напряжения на лампе и меньшим рабочим током, чем у стандартных ламп ДнаТ.

Применение совместно в осветительных установках РЛВД (ртутных ламп высокого давления) и НЛВД даёт заметную экономию средств и улучшенный спектр (лампы РЛВД добавляют сине-зелёный спектр к освещению).

Рекомендуется применять для наружного освещения и освещения внутренних помещений с высокими потолками.

# Маркировка

**Д** – дуговые, **На** – натриевые, **Т** – трубчатые, **С** – в светорассеивающей колбе, **З** – зеркальные.

Число после буквенного обозначения  
показывает мощность лампы.



# Ксеноновые лампы

Ксеноновая дуговая лампа — источник искусственного света, в котором светится электрическая дуга в колбе, заполненной ксеноном. Дает яркий белый свет, близкий по спектру к дневному.

Ксеноновые лампы можно разделить на следующие категории:

- Длительной работы с короткой дугой
- Длительной работы с длинной дугой
- Ксеноновая лампа-вспышка



# Особенности устройства ксеноновой лампы:

Во всех современных ксеноновых лампах используется колба из **кварцевого стекла** с электродами из вольфрама, легированного торием. Кварцевое стекло — это единственный экономически приемлемый оптически прозрачный материал, который выдерживает высокое давление (до 25 атм), и температуру. Для специальных задач применяют изготовление колбы лампы из сапфира, это расширяет спектральный диапазон излучения в сторону коротковолнового ультрафиолета и также приводит к увеличению срока службы лампы. Легирование электродов торием сильно увеличивает эмиссию ими электронов. Так как коэффициент теплового расширения кварцевого стекла и вольфрама различаются, вольфрамовые электроды вварены в полосы из чистого молибдена или инвара, которые вплавлены в колбу. В ксеноновой лампе анод при работе очень сильно нагревается потоком электронов, поэтому лампы большой мощности нередко имеют **жидкостное охлаждение**.

# Характер излучения ксеноновой лампы:

В ксеноновой лампе основной поток света излучается плазмой возле катода. Светящаяся область имеет форму конуса, причём яркость её свечения падает по мере удаления от катода по экспоненте. Спектр ксеноновой лампы приблизительно равномерный по всей области видимого света, близкий к дневному свету. В лампах высокого давления могут быть несколько пиков вблизи инфракрасного диапазона, примерно 850—900 нм, которые могут составлять до 10 % всего излучения по мощности.

Существуют также ртутно-ксеноновые лампы, в которых кроме ксенона в колбе находятся пары ртути. В них светящиеся области есть как возле катода, так и возле анода. Они излучают голубовато-белый свет с сильным выходом ультрафиолета, что позволяет использовать их для физиотерапевтических целей, стерилизации и озонирования.

# Виды ксеноновых ламп:

- Короткодуговые лампы (шаровые лампы);
- Керамические лампы;
- Длиннодуговые (трубчатые лампы).

# Короткодуговые (шаровые) лампы:

Наиболее распространены короткодуговые лампы. В них электроды расположены на небольшом расстоянии, а колба имеет шарообразную, или близкую к шарообразной форму.

# Керамические лампы:

Ксеноновые короткодуговые лампы могут выпускаться в керамической оболочке со встроенным рефлектором. Благодаря этому лампа получается более безопасной, так как из стекла сделано только небольшое окно, через которое выходит свет, а также не требуется юстировка при установке и замене. В такой лампе может быть окно, как пропускающее ультрафиолетовое излучение, так и непрозрачное для него. Рефлекторы могут быть как параболическими (для получения параллельного светового потока) так и эллиптическими (для сфокусированного).

# Длиннодуговые лампы

По конструкции длиннодуговые лампы отличаются от короткодуговых тем, что электроды дальше разнесены друг относительно друга, а колба имеет форму трубки. Ксеноновые лампы с длинной дугой требуют балласта меньших размеров, а в некоторых случаях могут использоваться без балласта. Такие лампы нередко устанавливаются в рефлектор в виде параболического цилиндра и используются для освещения больших открытых пространств (на железнодорожных станциях, заводах, складских комплексах и т.п.), а также для моделирования солнечного излучения, например при тестировании солнечных батарей, проверке материалов на светостойкость и т.д.

# Применение ксеноновых ламп

Благодаря малым размерам светящейся области, короткодуговые ксеноновые лампы могут использоваться как точечный источник света, позволяющий производить достаточно точную фокусировку, а хороший спектр обуславливает широкое применение в кино- и фотосъёмке. Ксеноновые лампы также используются в климатических камерах—установках, моделирующих солнечное излучение для испытания материалов на светостойкость.

Трубчатые ксеноновые лампы высокого давления (ДКсТ) – это самые мощные источники света (мощность одной лампы достигает 50 кВт). Они применяются для освещения больших открытых пространств – площадей, карьеров, железнодорожных станций, портов. Световая отдача таких ламп - до 45 лм/Вт, срок службы до 1500 часов; напряжение зажигания таких ламп достигает 50 кВ.

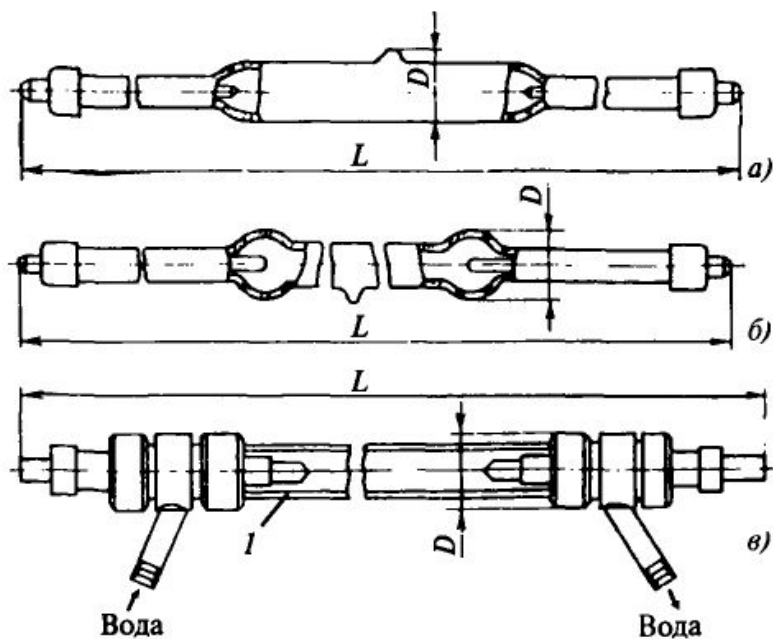
# Технические характеристики ксеноновых ламп

**Технические данные ксеноновых трубчатых ламп**

Тип лампы	Номинальные значения			Средняя продолжительность горения, ч
	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	
ДКсТ2000	2000	36 000	18	300
ДКсТ5000	5000	98 000	19,6	300
ДКсТ 10000	10 000	250 000	25	800
ДКсТ20000	20 000	694 000	34,7	800
ДКсТ50000	50 000	2 230 000	44,6	500
ДКсТВ3000	3000	81 000	27	100
ДКсТВ5000	5000	139 000	27,8	100
ДКсТВ6000	6000	211 000	35,2	300
ДКсТВ8000	8000	232 000	29	800
ДКсТВ 15000	15 000	592 000	39,5	200
ДКсТВ50000	50 000	2 088 000	41,8	200



# Общий вид ламп ДКсТ



Общий вид ксеноновых трубчатых ламп высокой интенсивности: *a* — лампы типа ДКсТ5000; *б* — ДКсТ10000 и ДКсТ20000; *в* — лампы с водяным охлаждением ДКсТВ6000, ДКсТВ15000; *I* — оболочка водяного охлаждения



# Светоизлучающие диоды:

Светоизлучающий диод (СД) – это микроминиатюрный полупроводниковый источник света (ИС), в котором излучение возникает на полупроводниковом переходе в результате рекомбинации электронов и «дырок».

Рекомбинация (в полупроводниках) – это исчезновение пары «электрон проводимости – «дырка» в результате перехода из зоны проводимости в валентную зону.

СД изготавливают из полупроводниковых материалов высокой частоты, добавляя незначительное количество примесей.

Эти примеси создают либо избыток электронов (тип «n»), либо избыток «дырок» (тип «p»). Заряд электрона – отрицательный, а «дырки» – положительный. В месте контакта материалов «p» и «n» типов образуются полупроводниковый «p-n» переход.

Если к этому переходу приложить небольшое напряжение (несколько вольт) прямой полярности (к «n» - материалу – «минус», а к «p» - материалу – «+»), то электроны и «дырки» будут перемещаться навстречу друг другу. В зоне контакта при рекомбинации они будут испускать «фотоны».

Свечение возникает на границе полупроводников и выходит наружу в виде «фотонов» сквозь один из материалов и через зазор между ними.

# Спектр излучения светодиодов:

Спектр излучения (длина волны) зависит от материала и вводимой примеси. Например, арсенид галлия (GaAs) дает излучение в ИК – области ( $\lambda_{\text{нб}} = 920 \text{ нм}$ ), а в сочетании с люминофорами удается получить красное ( $\lambda = 635 \text{ нм}$ ), зеленое ( $\lambda = 535 \text{ нм}$ ) и голубое ( $\lambda = 475 \text{ нм}$ ) свечение.

# Схематический вид светодиода



Светодиодный ИС состоит из:

а) излучающего элемента (1) – полупроводникового кристалла «р-п» - перехода, заключенного в металлический корпус (4), стекло (2) и изолирующее основание (5);

б) линзы (3), фокусирующей свет от кристалла (1) и защищающей кристалл от влаги и коррозии;

в) контактов (6 и 7) для подключения к источнику постоянного тока.

К «катоде» (6) контакт присоединяется сваркой с применением золотой проволоки, а к «аноду» - пайкой или токопроводящим клеем.

# Нагрев светодиодов:

- Энергия, потребляемая светодиодом, частично преобразуется в свет, а частично в тепло, нагревая его.
- Увеличение на переходе температуры более 800С приводит к резкому снижению светового потока, что требует теплоотвода.
- Однако, изменение температуры на переходе не влияет, практически на длину волны излучения.
- Отвод тепла можно улучшить тремя способами:
  - 1) Увеличением контактной площади, особенно вблизи «анода».
  - 2) Увеличение расстояний между СД, расположенными на плате.
  - 3) Хорошими тепловыми контактами СД с платой.

# Светодиоды белого свечения:

Основой общего рабочего освещения являются светодиоды белого свечения.

Получить белое свечение можно из трех способов:

- 1) Смешиванием излучения СД трех и более цветов (например, красного, зеленого и голубого). Эффективность наибольшая, но необходимо иметь много контактных выводов, несколько диодов с различными напряжениями и другие дополнительные устройства для формирования спектра света, что создает неудобство.
- 2) Смещением голубого свечения СД с излучением люминофора (например, желто – зеленого или зелено – красного), возбуждаемого этим свечением. Этот способ наиболее прост и экономичен.

# Светодиоды белого свечения:

Подбором кристаллов создается спектр излучения для возбуждения люминофора.

Кристалл покрывается слоем геля с порошком люминофора. Толщина слоя такова, чтобы часть голубого излучения возбуждала люминофор, а часть проходила без поглощения. Геометрические показатели рассчитываются для получения спектра белого свечения.

Люминофоров с нужными свойствами сейчас достаточное количество (более 10). Нужный свет получается смешением излучения 3-х люминофоров (красного, зеленого и голубого), возбуждаемых ультрафиолетовым СД. Используются принципы и люминофоры ЛЛ. На излучатель всего 2 контактных ввода, однако, имеются большие потери на преобразование излучения в люминофорах.

Эффективность меньше, так как разные люминофоры имеют различные спектры возбуждения.

Вывод. Суммированием излучений более 3-х цветов можно получить белый свет с индексом цветопередачи близким к 100%.

В настоящее время получены белые СД. имеющие светоотдачу не менее 30 лм/Вт (теоретический предел – 300 лм/Вт), что выше, чем у ЛН.



# Достоинства светодиодных источников освещения:

- Длительный срок службы;
- Компактность;
- Создают высокий уровень освещенности при небольших токах и напряжениях;
- Не создают инфракрасного и ультрафиолетового излучения;
- Экономичность;
- Многообразиие форм светодиодных источников освещения.

