

Лампа накаливания

В лампе накаливания используется эффект нагревания [проводника](#) (нити накаливания) при протекании через него [электрического тока](#) (*тепловое действие тока*). [Температура вольфрамовой нити накала](#) резко возрастает после включения тока. Нить излучает [электромагнитное тепловое излучение](#) в соответствии с [законом Планка](#). Функция Планка имеет максимум, положение которого на шкале длин волн зависит от температуры. Этот максимум сдвигается с повышением температуры в сторону меньших длин волн ([закон смещения Вина](#)). Для получения видимого излучения необходимо, чтобы температура была порядка нескольких тысяч градусов, в идеале 5770 К (температура поверхности [Солнца](#)). Чем меньше температура, тем меньше доля видимого света и тем более «красным» кажется излучение

Часть потребляемой электрической энергии лампа накаливания преобразует в излучение, часть уходит в результате процессов теплопроводности и конвекции. Только малая доля излучения лежит в области видимого света, основная доля приходится на [инфракрасное излучение](#). Для повышения [КПД](#) лампы и получения максимально «белого» света необходимо повышать температуру нити накала, которая в свою очередь ограничена свойствами материала нити — [температурой плавления](#). Идеальная температура в 5770 К недостижима, т. к. при такой температуре любой известный материал плавится, разрушается и перестаёт проводить электрический ток. В современных лампах накаливания применяют материалы с максимальными температурами плавления — [вольфрам](#) (3410 °C) и, очень редко, [осмий](#) (3045 °C).

При практически достижимых температурах $2300\text{—}2900\text{ °C}$ излучается далеко не белый и не дневной свет. По этой причине лампы накаливания испускают свет, который кажется более «жёлто-красным», чем дневной свет. Для характеристики качества света используется т. н. [цветовая температура](#).

В обычном воздухе при таких температурах вольфрам мгновенно превратился бы в [оксид](#). По этой причине вольфрамовая нить защищена [стеклянной](#) колбой, заполненной нейтральным газом (обычно [аргоном](#)). Первые лампы делались с [вакуумированными](#) колбами. Однако в вакууме при высоких температурах вольфрам быстро испаряется, делая нить тоньше (что приводит к быстрому её перегоранию) и затемняя стеклянную колбу при осаждении на ней. Позднее колбы стали заполнять химически нейтральными газами. Вакуумные колбы сейчас используют только для ламп малой мощности.

Галогенные лампы

Добавление в буферный газ [паров галогенов](#) ([брома](#) или [йода](#)) повышает время жизни лампы до $2000\text{—}4000$ [часов](#). При этом рабочая температура спирали составляет примерно 3000 К . Эффективность галогенных ламп достигает 28 [лм/Вт](#).

[Иод](#) (совместно с остаточным [кислородом](#)) вступает в химическое соединение с испарившимися [атомами вольфрама](#). Этот процесс является обратимым — при высоких температурах соединение распадается на составляющие вещества. Атомы вольфрама высвобождаются таким образом либо на самой спирали, либо вблизи неё

Добавление галогенов предотвращает осаждение вольфрама на стекле, при условии, что температура стекла выше 250 °C . По причине отсутствия почернения колбы, галогенные лампы можно изготавливать в очень компактном виде. Малый объём колбы позволяет, с одной стороны, использовать большее рабочее давление (что опять же ведёт к уменьшению скорости испарения нити) и, с другой стороны, без существенного увеличения стоимости заполнять колбу тяжёлыми инертными газами, что ведёт к

уменьшению потерь энергии за счёт теплопроводности. Всё это удлиняет время жизни галогенных ламп и повышает их эффективность.

Ввиду высокой температуры колбы любые загрязнения поверхности (например, отпечатки пальцев) быстро сгорают в процессе работы, оставляя почернения. Это ведёт к локальным повышениям температуры колбы, которые могут послужить причиной её разрушения.

Также из-за высокой температуры, колбы изготавливаются из [кварцевого стекла](#).

Новым направлением развития ламп является т. н. **IRC**-галогенные лампы (сокращение IRC обозначает «инфракрасное покрытие»). На колбы таких ламп наносится специальное покрытие, которое пропускает видимый свет, но задерживает [инфракрасное \(тепловое\)](#) излучение и отражает его назад, к спирали. За счёт этого уменьшаются потери тепла и, как следствие, увеличивается эффективность лампы. По данным фирмы [OSRAM](#), потребление энергии снижается на 45 %, а время жизни удваивается (по сравнению с обычной галогенной лампой).

Хотя IRC-галогенные лампы не достигают эффективности [ламп дневного света](#), их преимущество состоит в том, что они могут быть

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](#)

Ксеноновые короткодуговые лампы - низковольтные, высокоэффективные устройства постоянного тока с отрицательным температурным коэффициентом. Они требуют импульс в 50 кВ для поджига и экстремально хорошую регулировку тока в процессе работы. Они по сути своей нестабильны и имеют склонность к [колебаниям плазмы](#) и температурному убеганию (изменение характеристик при нагреве, приводящие к ещё большему нагреву). Поэтому ксеноновая дуговая лампа требует изолированного блока питания для длительной стабильной работы. Обычно необходимо регулировать ток через лампу, а не напряжение. Например 450 Вт лампа работает при 18 В и 25 А. Есть много разновидностей безбалластных ксеноновых ламп (например, отечественная ДКсТ). Они рассчитаны на стандартное сетевое напряжение (220 В для ДКсТ 10000 (10 кВт), 380 В для ДКсТ 20000 (20 кВт)), и для своей работы требуют лишь [зажигающее устройство](#).

Лампа состоит из колбы из обычного или кварцевого стекла с вольфрамовыми электродами с каждого конца. Колба вакуумируется и затем заполняется ксеноном. Ксеноновые лампы-вспышки имеют третий поджигающий электрод, опоясывающий колбу.

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 (25 атм в колбе ламп для IМАХ), и температуру. Легирование электродов торием сильно увеличивает эмиссию ими электронов. Так как коэффициент теплового расширения кварцевого стекла и вольфрама различаются, вольфрамовые электроды сварены в полосы из чистого [молибдена](#) или [инвара](#), которые вплавлены в колбу. Лампы большой мощности нередко имеют жидкостное охлаждение. Для повышения эффективности лампы, ксенон находится в колбе под высоким давлением (до 300 атм), что накладывает особые требования по безопасности. При повреждении лампы

осколки колбы могут разлететься с огромной скоростью. Обычно лампа транспортируется в специальном пластиковом контейнере, который снимается с лампы только после установки лампы на место и надевается на лампу при её демонтаже. При работе лампы колба подвергается значительным перепадам температуры, в результате чего к концу срока службы колба становится более хрупкой. Из соображений безопасности производители ксеноновых дуговых ламп рекомендуют использовать защитные очки при обслуживании лампы. При замене ламп IMAХ рекомендуется надевать защитный костюм.

В чисто ксеноновых лампах основное количество света генерируется маленькими точечными облачками плазмы в том месте, где поток электронов покидает поверхность электрода. Генерирующая свет поверхность конусной формы, и интенсивность свечения падает экспоненциально расстоянию от катода к аноду. Электроны, пробиваясь через облачки плазмы бомбардируют анод, нагревая его. В итоге анод имеет большие размеры, чем катод или использует водяное охлаждение для отвода тепла. Чисто ксеноновые лампы имеют близкий к дневному спектр. Спектр излучения приблизительно ровный по всем длинам волн видимого спектра.

В лампах высокого давления несколько сильных спектральных линий около инфракрасного диапазона, примерно 850-900 нм. Эти линии могут составлять до 10% всего излучения.

В ксеноново-ртутных лампах основное количество света генерируется маленькими точечными облачками плазмы на концах каждого электрода. Светящаяся зона представляет собой 2 конуса, светимость падает экспоненциально при движении от электрода к центру. Ксеноново-ртутные лампы имеют голубовато-белый свет с сильным выходом ультрафиолета. Эти лампы применяются для УФ лечебных целей, стерилизацией объектов и генерирования озона.

Очень маленький размер дуги делает возможным очень точный фокус света с лампы. Маленькие (10 Вт) ксеноновые дуговые лампы используют в прецизионной подсветке в микроскопах и других инструментах. Более крупные лампы дают узкий пучок поисковых фонарей, или в киносъёмках когда нужен эффект дневного света.

Все ксеноновые дуговые лампы генерируют ощутимые количества УФ излучения во время работы. У ксенона мощные спектральные линии в области УФ, который охотно проходит через кварцевое стекло. В отличие от боросиликатного стекла, используемого в обычных лампах кварцевое стекло не задерживает УФ излучение. УФ, генерируемый лампой может создавать проблему побочного образования [озона](#). Великолепное применение ксеноновые лампы нашли в [везерометрах](#) - установках, моделирующих солнечное излучение для испытания материалов на светостойкость и [атмосферостойкость](#). Проникновение ксеноновых технологий на потребительский рынок произошло в 1991 году с появлением ксеноновых ламп для фар автомобилей. Данные лампы имеют маленький размер и длину дуги всего пару миллиметров. Добавки ртути, солей натрия и скандия значительно повышают выход света, таким образом ксенон используется для получения света непосредственно после поджига лампы

Светодиод или **светоизлучающий диод**

(СД, LED [англ. Light-emitting diode](#)) — [полупроводниковый прибор](#), излучающий [некогерентный](#) свет при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра, его цветовые характеристики зависят от химического состава использованного в нем [полупроводника](#). Считается, что первый светодиод, излучающий свет в [видимом диапазоне спектра](#), был изготовлен в [1962 году](#) в [Университете Иллинойса](#) группой, которой руководил [Ник Холоньяк](#).

Как и в любом [полупроводниковом диоде](#), в светодиоде имеется [p-n переход](#). При пропускании электрического тока в прямом направлении, носители заряда — [электроны](#) и [дырки](#) — рекомбинируют с излучением [фотонов](#) (из-за перехода электронов с одного энергетического уровня на другой).

Не всякие полупроводниковые материалы эффективно испускают свет при рекомбинации. Лучшие излучатели относятся к [прямозонным полупроводникам](#) (т. е. таким, в которых разрешены прямые оптические переходы зона-зона), типа $A^{III}B^V$ (например, [GaAs](#) или [InP](#)) и $A^{II}B^{VI}$ (например, [ZnSe](#) или [CdTe](#)). Варьируя состав полупроводников, можно создавать светодиоды для всевозможных длин волн от [ультрафиолета](#) ([GaN](#)) до среднего инфракрасного диапазона ([PbS](#)).

Диоды, сделанные из [непрямозонных полупроводников](#) (например, [кремния](#), [германия](#) или [карбида кремния](#)), свет практически не излучают. Впрочем, в связи с развитием кремниевой технологии, активно ведутся работы по созданию светодиодов на основе кремния. В последнее время большие надежды связываются с технологией квантовых точек и фотонных кристаллов.

По сравнению с другими электрическими источниками света (преобразователями электроэнергии в электромагнитное излучение видимого диапазона), светодиоды имеют следующие отличия:

- Высокий [КПД](#). Современные светодиоды уступают по этому параметру только люминесцентной лампе с холодным катодом (CCFL).
- Высокая механическая прочность, вибростойкость (отсутствие спирали и иных чувствительных составляющих).
- Длительный срок службы. Но и он не бесконечен - при длительной работе и/или плохом охлаждении происходит "отравление" кристалла и постепенное падение яркости.
- Специфический спектральный состав излучения. Спектр довольно узкий. Для нужд индикации и передачи данных это - достоинство, но для освещения это недостаток. Более узкий спектр имеет только [лазер](#).
- Малая инерционность.
- Малый угол излучения - также может быть как достоинством, так и недостатком.
- Низкая стоимость.
- Безопасность - не требуются высокие напряжения.
- Нечувствительность к низким и очень низким температурам. Однако, высокие температуры противопоказаны светодиоду, как и любым полупроводникам.
- Отсутствие ядовитых составляющих ([ртуть](#) и др.) и, следовательно, лёгкость утилизации