

ТЕМА 8.

Газоразрядные импульсные лампы

Общие сведения об импульсных лампах. Соотношение между достигнутыми значениями мощности, яркости и светового потока для ламп непрерывного действия и для импульсных ламп. Блок-схема питания импульсных ламп.

Приэлектродные явления. Катодное пятно и распыление электродов.

Импульсной лампой называется газоразрядный прибор с двумя основными токоведущими электродами и газовым промежутком между ними, рассчитанный на возникновение в газовом промежутке, в необходимые моменты времени, мощных импульсных (искровых) электрических разрядов, с интенсивным световым излучением. В отличие от открытых воздушных искровых промежутков, характеризующихся нестабильностью работы из-за износа электродов и зависимости от давления и влажности воздуха, необходимо использовать весьма высокое напряжение, низкой световой отдачей, плохой управляемостью, шумовым эффектом и т. д., импульсные лампы имеют герметичный, обычно запаянный внешний баллон из стекла или кварца, наполненный химически неактивным (чаще всего инертным газом, чаще всего ксеноном).

Управление моментом зажигания лампы осуществляется большей частью с помощью третьего, расположенного внутри лампы или на поверхности её баллона управляющего электрода (иногда нескольких управляющих электродов), на который подается высоковольтный импульс напряжения, зажигающий разряд. В некоторых случаях импульсная лампа не имеет третьего электрода, и управление моментом зажигания осуществляется более или менее кратковременным увеличением разности потенциалов между основными электродами. Питание импульсного разряда в лампе осуществляется от какого либо электрического источника, способного обеспечить в течение короткого времени большую силу тока. Чаще всего в качестве такого источника используется, заряжаемый от сравнительно маломощной сети постоянного тока, электрический конденсатор, но существуют и другие источники.

При решении многих научно-технических проблем, требуется излучение весьма высокой интенсивности, причем мгновенный уровень играет в этих проблемах большую роль, чем значение, усредненного на протяжении длительного времени. В соответствии с этим в технике возникла тенденция повышать интенсивность за счёт непрерывности излучения, т. е. переходить на импульсные посылки излучения. Помимо увеличения интенсивности, осуществление импульсных посылок открывает также возможность их кодирования, существенную для многих задач передачи информации, а также выделения их на постоянном фоне излучения.

Соотношение между достигнутыми значениями мощности, яркости и светового потока современных непрерывного действия и импульсных источников света иллюстрируется таблицей 8.1. Данные таблицы

подтверждают преимущество импульсных источников света в тех случаях передачи энергии и информации, когда либо используется приемник излучения и регистрирующая аппаратура, обладающая малой инерцией (например, вакуумный фотоэлемент или ФЭУ с соответствующей схемой включения), либо должен принципиально короткое время продолжаться сам процесс передачи (например, фотографирование перемещающегося объекта, стробоскопическое наблюдение и т.п.).

Кратковременные световые вспышки могут быть получены и с помощью непрерывного источника излучения, снабженного тем или иным оптическим затвором или действующим в прерывистом режиме. При этом допускается примерно на порядок превышение мощности источника по сравнению с номинальным режимом. Импульсные источники света могут быть основаны на использовании химической реакции (лампы одноразового действия, типа ламп-вспышек с металлической фольгой, сгорающей в атмосфере кислорода или фтора, или так называемые магниевые фотовспышки или фотобомбы, в которых металлический порошок мгновенно сгорает благодаря выделению кислорода из смешанной с ним богатой кислородом соли), а также лампы, наполненные инертным газом, дающие вспышку под действием ударной волны, которая создается взрывчатым веществом). Они могут основываться на кратковременном возбуждении люминофора (например, электронным пучком и на использовании кратковременного электрического разряда в газе или парах металлов-конденсированной электрической искры)

Таблица 8.1 – Значения мощности, яркости и светового потока, достигнутые источниками света импульсного и непрерывного действия.

| Вид источника | Тип лампы | Наибольшая мощность, кВт | Наибольшая яркость, Мкд м ⁻³ | Наибольший световой поток, кЛм |
|---------------|--|--------------------------|---|--------------------------------|
| Непрерывный | Накаливания (прожекторные) | 20 | 30 | 600 |
| | Трубчатые ксеноновые с водяным охлаждением и вихревой стабилизацией разряда [Л. 0-2, 0-2а] | 500 | 1000 | 22 000 |
| | Шаровые ксеноновые сверхвысокого давления [Л. 0-2а – 0-5] | 30 | 6000 | 1300 |
| | Открытые дуги высокой интенсивности | 100 | 1400 | 4500 |
| Импульсный | Трубчатые ксеноновые кварцевые | 200 000 | 10 000 | 10 000 000 |
| | Шаровые ксеноновые | 10 000 | 100 000 | 200 000 |

Специфические особенности конденсированного искрового разряда – высокая температура и яркость, легкая управляемость, возможность частого повторения вспышек, сравнительная простота вспомогательных устройств

обеспечила последнему виду импульсных источников света наиболее широкое применение.

Благодаря тому, что сопутствующее импульсному разряду мгновенное образование газовой плазмы является в настоящее время самым высокотемпературным физическим процессом, который может быть осуществлён в малом объеме (в отличие от взрывных процессов, использующих кратковременные химические или ядерные цепные реакции, которые захватывают большие пространства), им заинтересовались и специалисты по ядерной физике, рассматривая его как возможный путь к осуществлению управляемой термоядерной реакции или по крайней мере к изучению обуславливающих такую реакцию характеристик.

Как же работает импульсная лампа

Питание ИЛ осуществляется от электрического источника, способного обеспечить в течение короткого времени большой ток, чаще всего от электрического конденсатора.

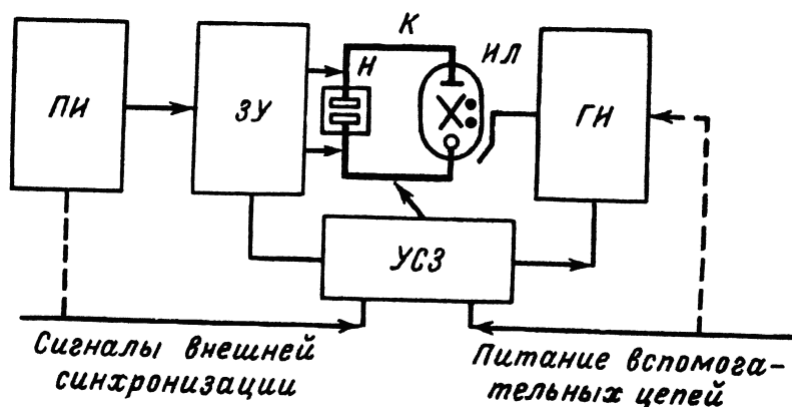


Рис. 8.1 - Функциональная схема питания импульсной лампы:

ИЛ - импульсная лампа; К - разрядный контур; Н - накопитель электрической энергии; ЗУ - зарядное устройство; ПИ - первичный источник энергии; ГИ - генератор зажигающих импульсов; УСЗ - блок с устройствами управления, синхронизации и защиты.

Почти все схемы питания импульсных ламп, несмотря на значительные различия, можно привести к единой функциональной схеме (Рис 8. 1.)

Существуют 5 видов пробоя газового промежутка: А, В, С, D, Е. В импульсных лампах осуществляется пробоем вида Е. Сначала с помощью генератора импульсов поджога, пробивается кратковременным маломощным импульсом газовый промежуток, подготавливая его к основному пробоем, т.е. когда разряд станет самостоятельным, и возникнет плазма, имеющая малое сопротивление, чтобы пропустить большой ток. Сначала высоковольтный пробоем, потом основной – это и есть пробоем вида Е. После подачи напряжения на лампу, следует быстрое нарастание тока в цепи и расширение канала разряда. Причем нарастание плотности тока происходит не сразу, а в несколько стадий. Вначале пробоем нарастание плотности тока осуществляется за счет ряда вступающих в действие друг за другом все более быстрых «цепных» процессов: ударной ионизации электронами (α -ионизация), взаимодействия α и δ -

ионизаций(вторичные процессы у катода), воздействия на α и δ ионизации плоского объемного заряда, взаимодействия между α ионизацией, фотоионизацией в объеме газа и сосредоточенным объемным зарядом головки стримера и др. Если источник питания разряда обладает достаточной мощностью, чтобы разность потенциалов на промежутке даже при большой силе разрядного тока могла намного превышать сумму при электродных падениях напряжения, то в канале под действием значительного продольного электрического градиента осуществляется еще один длящийся всего несколько десятков наносекунд (в течении которых канал практически не успевает расширяться) наиболее интенсивный цепной процесс, присущий высокой плотности тока. В этой стадии благодаря значительной степени возбуждения и ионизации газа в канале и большому влиянию друг на друга одновременно многих частиц уже затруднительно выделять различные виды элементарных взаимодействий атомов, ионов, электронов и фотонов. Поэтому говорят об общей результирующей термической ионизации газа. За несколько десятков наносекунд плотность тока возрастает на много порядков. Например, в случае пробоя воздуха при атмосферном давлении первоначальный канал разряда имеет диаметр, равный диаметру стримера (около 0,1мм). Если бурный процесс первичного роста плотности тока в канале разряда длится около 50 нс и расширение канала идет со скоростью ударных волн (около 10^5 см/с, что соответствует скорости увеличения диаметра $2 \cdot 10^5$ см/с). Теория расширения канала основана на представлениях о газодинамическом взрыве. Упрощенно это выглядит так: расширение канала происходит за счет выделения в тонком (диаметр 0,1 мм) канале значительной порции энергии. При этом канал разряда - плазма, сильно ионизированная и нагретая, действует на окружающий газ подобно цилиндрическому «поршню» и перемещается со сверхзвуковой скоростью, вызывая формирование впереди поршня ударной волны. Когда сформировался ток и канал наступает квазистационарная стадия разряда т. е. разряжается конденсатор.

Картина погасания разряда, питаемого от конденсатора, может быть намечена на основе представлений о балансе энергии в сформированном импульсном разряде, ограниченном стенками разрядной трубки. В ходе разряда, по мере снижения напряженности электрического поля E , вследствие падения напряжения на конденсаторе, относительная доля потерь на стенках возрастает в общем балансе энергии, приближаясь к 100%. При низких напряженностях электрического поля, подводимая к каналу мощность быстро снижается, из-за резкого роста удельного сопротивления плазмы, и при каком-то значении E , подводимая мощность перестает компенсировать потери энергии на стенках, вследствие чего происходит резкое выключение тока, охлаждение канала приводит к увеличению его сопротивления и к дальнейшему уменьшению его мощности, и ещё большему охлаждению. Таким образом, происходит разряд.

Колба обычно из кварцевого стекла. Существуют также приэлектродные явления. Общего теоретического описания явлений в электродах и прилегающем слое нет. Но, общая взаимосвязь катодных процессов видна с рис. 8.2.

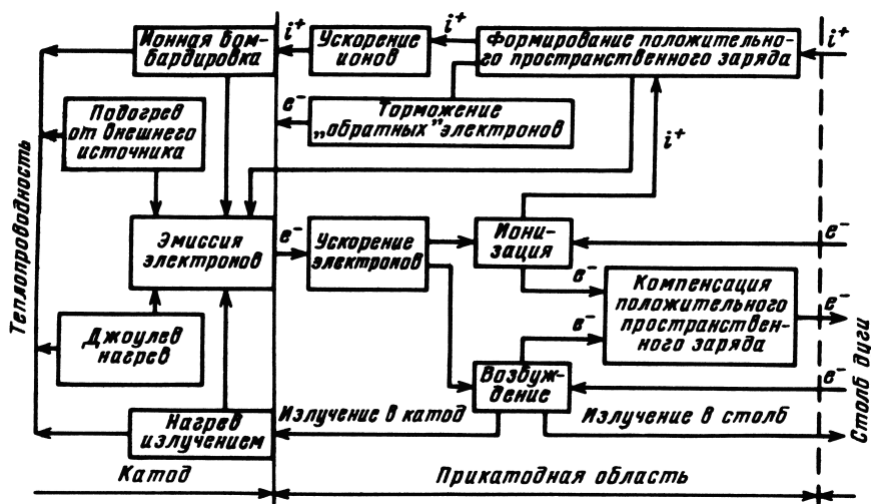


Рис. 8.2 – Взаимосвязь катодных процессов.

Особая сложность этих явлений связана с тем, что к радиально-временной неоднородности канала разряда здесь добавляется ещё и продольная неоднородность, вместе с целым рядом дополнительных, взаимно связанных физических процессов в пограничном слое «газ-металл» и в толще металла. В числе таких процессов можно в первую очередь назвать:

а) ионизацию газа в приэлектродных областях, формирование при электродных объёмных зарядов и эмиссию электронов из катода, определяющие энергию, которая подводится к электродам (приэлектродные потери, сказывающиеся на к.п.д. разряда), и условия их бомбардировки частицами плазмы;

б) распространение тепла в электродах, расплавление и испарение металла электродов, непосредственно определяющее второе, важнейшее с технической точки зрения, помимо к. п. д., внешнее проявление всех приэлектродных процессов – распыление электродов и вызванное им потемнение баллона импульсной лампы (которым обычно ограничивается её долговечность).

Все эти процессы настолько сложны, что пока не выработано их общепринятое теоретическое истолкование даже для стационарных дуговых разрядов. Более того, прерывистый (в пространстве и во времени) характер явлений на катоде стационарных дуг привел к тому, что изучение приэлектродных областей дуги потребовало экспериментов с импульсными разрядами.

Катодное пятно.

Наблюдения катодного пятна, выполненные различными методами, показали, что пятно имеет множественную структуру. Структурным элементом его является микро область с поперечником 5-10мкм, обеспечивающая силу тока в разряде 0, 5-5А. Для слабых дуг низкого давления каждому материалу катода соответствует пороговая сила образования одного микро пятна

$$I_{\text{пор}} = 0,26 \cdot 10^{-3} T_{\text{кип}} \lambda^{1/2},$$

где $T_{\text{кип}}$ - температура кипения материала катода; λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(см К). Такое микро пятно, плотность тока в котором составляет от $2 \cdot 10^5$ до $6 \cdot 10^7$ А/см², существует на определенном месте весьма короткое время ($\leq 0,1$ мкс). Между светящейся зоной микропятна и катодом имеется тёмное пространство шириной около 0,1 мм, и поэтому плотность тока на самом катоде может быть ещё выше. В случае однородной поверхности (ртутный катод) пятно плавно перемещается со скоростью 10^3 - 10^6 см/с, растягиваясь в отрезок дужки по мере роста тока. При этом сохраняется постоянство плотности тока и дужка при достаточной крутизне тока di/dt приближается к окружности (или полуокружности, если первоначальное пятно возникло на краю катода).

Если di/dt настолько велика, что увеличение активной поверхности за счет роста радиуса дужки становится недостаточно, то в стороне возникают новые микро пятна, из которых потом разбегаются такие же дужки кольца. В случае неоднородной поверхности (загрязнения, кристаллическая структура) микро пятна перемещаются скачками, сосредотачиваясь на неоднородностях. Средняя скорость перемещения пятен вдоль поверхности катода имеет порядок 10^5 см/с. Число микро пятен в этом случае, по-видимому, равно частному от деления полной силы тока в разряде на силу тока около 5А в одном пятне. В целом совокупность пятен по мере нарастания тока и расширения канала охватывает весьма значительную зону катодной поверхности. Общая граница зоны микро пятен перемещается со скоростью $(4-18) \cdot 10^3$ см/с, при одновременном изменении di/dt в пределах 4-20 МА/с. После спада di/dt ниже 4 МА/с (через 350-150 мкс) появляются менее подвижные пятна второго типа, с током на одно пятно 10-50 А, и диаметром 0,1 мм (в начале) и 0,5 мм (в конце). Плотность тока соответственно $3 \cdot 10^5$ - $3 \cdot 10^4$ А/см² и скоростями перемещения $2 \cdot 10^3$ - 10^2 см/с (вплоть до полной остановки пятен). Пятна первого типа не оставляют заметных следов на поверхности вольфрама, а второго типа – оставляют на чистом вольфраме эрозионные следы, близкие по ширине к диаметру пятна. Образование микро пятен связано с возникновением центров эмиссии. Эмиссия смешанная: Т-Ф эмиссия, Т - термоэлектронная, Ф - автоэлектронная.

Распыление электродов.

Выделение в микро пятне значительной энергии приводит к мгновенному испарению определенного количества металла, сопровождающемуся взрывообразным распространением паров. Эксперимент показывает дискретную структуру струй с твердых катодов, согласующуюся с дискретной структурой катодных микро пятен (время испускания одной струи – порядка 10^{-7} с - равно времени жизни одного микро пятна)

Взрыв микро пятна в каком-то смысле аналогичен взрыву под действием конденсированного электрического разряда тонкой металлической проволоочки. Как при взрыве проволоочки электрический ток прерывается в первый момент

из-за большой плотности пара (возобновляясь только после расширения пара), так и при взрыве микро области на катоде дальнейшее прохождение тока в данной точке катода становится невозможным. Но это лишь одно из предположений механизма перемещения катодного пятна, другие предположения связывают механизм перемещения с; нарушением равновесия магнитного и газокинетического давления, колебанием поперечного температурного градиента, сдуванием положительных ионов струей пара и др.

Скорость струй 10^5 - 10^6 см/с.

Скорость испарения материала катода зависит от многих факторов, но при одинаковых условиях, количество испарённого металла прямо пропорционально количеству электричества, прошедшего через катод.

Анод при достаточных размерах не перегревается до температуры возгонки металла (т. е. испарения, минуя жидкую фазу). Анод в импульсных лампах практически вообще не распыляется. На аноде канал стягивается в общее пятно, в котором при обычных условиях происходит непрерывное (без взрывов и с меньшими скоростями) испарение металла. Анодное пятно также расширяется по мере расширения канала. Плотность тока порядка 10^5 А/см². Анодное падение напряжения 2–9В, снижается по мере уменьшения работы выхода.

ТЕМА 9.

Энергетические и световые величины, характеризующие вспышку

Ряд специальных величин для характеристик импульсных ламп. Форма кривой $I(t)$ за время одной вспышки. Световые характеристики трубчатых импульсных ламп.

Излучение непрерывных во времени источников света можно рассматривать в двух аспектах: пространственном и спектральном. Излучение импульсных необходимо характеризовать еще и во временном аспекте. Особенности спектрально-временной зависимости определяются тем, что спектральный состав излучения непрерывно меняется, и это изменение происходит с различной скоростью по различным направлениям в пространстве. Это значительно усложняет применение фотометрических параметров для описания явлений. Вместо постоянных по времени световых величин, приходится рассматривать зависимость от времени их мгновенных значений. Кроме того вводится ряд, относящихся только к импульсным источникам, интегральных по времени фотометрических величин. Мгновенные значения не отличаются от тех, которые Вы знаете.

Таблица 9.1 – Энергетические и световые величины, характеризующие вспышку (импульс)

| Наименование | Обозначение и формула | Единицы измерения |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Лучистая энергия | $Q_e = \int_0^{t_B} \Phi_{et} dt$ | Дж |
| Световая энергия | $Q = \int_0^{t_B} \Phi_t dt$ | лм · с |
| Энергетическое освечивание | $\Theta_e = \int_0^{t_B} I_{et} dt$ | Дж/ср ¹ |
| Освечивание | $\Theta = \int_0^{t_B} I_t dt$ | кд · с |
| Интеграл импульса энергетической яркости | $\int_0^{t_B} L_{et} dt$ | Дж/(ср ¹ м ²) |
| Интеграл импульса яркости | $\int_0^{t_B} L_t dt$ | кд · с/м ² |
| Энергетическая композиция | $H_e = \int_0^{t_B} E_{et} dt$ | Дж/м ² |

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| Экспозиция | $H = \int_0^{t_B} E_t dt$ | лк · с |
| Интеграл импульса энергетической светимости | $\int_0^{t_B} M_{et} dt$ | Дж/м ² |
| Интеграл импульса совместимости | $\int_0^{t_B} M_t dt$ | лм · с/м ² |
| Спектральная плотность энергетического освечивания | $\Theta_{e\lambda} = d\Theta_e / d\lambda$ | Дж/(ср ¹ м ²) |

За длительность импульса излучения τ обычно принимается время, в течение которого сила света $I(t)$ превышает заданную часть её пикового значения $I_{\text{п}}$, обычно 0,35.

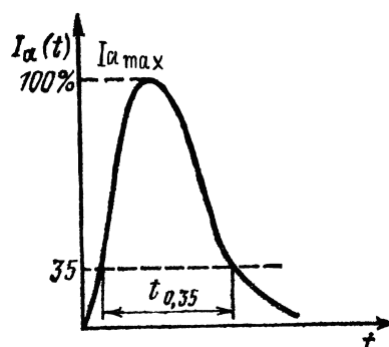


Рис. 9.1 – Характерная кривая изменения мгновенных значений силы света импульсного источника за время одной вспышки.

Световые характеристики трубчатых импульсных ламп.

Характер кривой изменения силы света $I(t)$ импульсного разряда во времени зависит от параметров лампы и разрядного контура. Обычно импульсы силы света $I(t)$ характеризуются тремя параметрами: отсвечиванием Θ , пиковой силой света $I_{\text{п}}$ и длительностью вспышки τ . Варьируя форму и длительность импульса выделяющейся в лампе электрической мощности, можно в широких пределах изменять параметры импульсов излучения. При питании лампы от длинной линии можно получать импульсы силы света, близкие к прямоугольным. Однако при наиболее распространенном питании от конденсатора и при индуктивностях разрядного контура до 10 мкГ кривая $I(t)$ имеет общую для всех условий характерную форму (рис. 9.1). Изменяя масштабы по осям абсцисс и ординат, можно добиться практического совпадения всех графиков с точностью до небольших изменений крутизны фронта и нарушений плавного хода кривой из-за колебаний плотности газа при расширении канала.

Основные временные и электрические характеристики сильноточной стадии разряда могут быть получены путем решения уравнения разряда конденсатора через электрическую цепь, включающую в себе импульсную лампу.

$$u_{Ct} = i_t(R_{\text{ПС}} + R_{\text{л}}) + L_{\text{к}} \frac{d_i}{d_t} + \frac{1}{C} \int I_a(t) dt$$

где U_{Ct} - мгновенное значение напряжения конденсатора;
 $R_{\text{ПС}}$ - активное сопротивление проводов и конденсатора;
 $L_{\text{к}}$ - индуктивность контура;
 C - ёмкость питающего лампы конденсатора.

Для трубчатого импульсного источника, учитывая, что в большинстве случаев в стадии сильноточного разряда, канал занимает практически все сечение трубки.

$$R_{\text{л}} \approx \rho 4l / \pi d_1^2;$$

где ρ - удельное сопротивление разряда Ом см;
 l - длина разрядной трубки см;
 d_1 - внутренний диаметр разрядной трубки, см.

Полная энергия выделяемая в лампе за время одной вспышки:

$$W_1 = \int_0^{\infty} I^2 r_{\text{л}} dt \approx \frac{CU^2_c(0)}{2} \left(\frac{\bar{r}_{\text{л}}}{\bar{r}} \right)$$

где $\bar{r}_{\text{л}}$ и \bar{r} - соответственно эффективные значения сопротивления лампы и контура.

Длительность вспышки $\tau \approx rC/2 \approx (2\rho l C)/(\pi d_1^2)$, длительность вспышки увеличивается при увеличении $C l$ при заданном диаметре.

Предельная нагрузка на импульсную лампу может быть выражена эмпирической формулой

$$(CU_0^4)/l^3 = k$$

где k - постоянная, зависящая в основном от материала колбы и в меньшей степени от рода и давления газа.

$k \approx 5 \text{ мкФ кВ}^4 \text{ см}^{-3}$, для кварцевых ламп.

Энергия W , выделяющаяся в лампе за одну вспышку, связана с размерами через предельную нагрузку на кварцевое стекло

$$W \approx 20\,000 r_{\text{к}} l \sqrt{\tau},$$

где l - расстояние между электродами, см,
 $r_{\text{к}}$ - внутренний радиус колы, см.

При длительности вспышки более 30мкс

$$d_k \approx 0,07\tau^{-1/2}(C^7 U_0^7 / k^{3/2})^{1/9}$$

$$\ell = 1,1 U_0^{4/3} (C/k)^{1/3}$$

Световая отдача трубчатых ксеноновых импульсных ламп достигает 60Лм/Вт, но для ламп с малыми энергиями разряда до 10Дж, 5-10Лм/Вт.

Пространственное распределение световой энергии характеризуется индикатриссами отсвечивания.

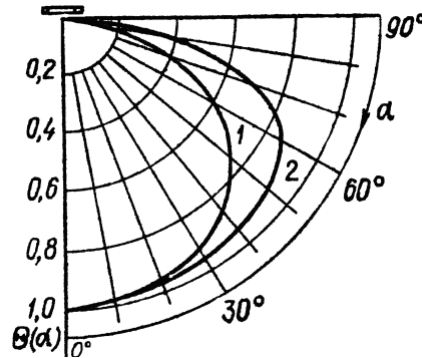


Рис. 9.2 – Максимально различающиеся по форме индикатриссы отсвечивания импульсные лампы в номинальных режимах:

- 1 – ИФП 1200, $U_0=1100В$, $C=200\text{мкФ}$, $L=10\text{мкГ}$, $\sigma=350\text{мкс}$,
 2 – ИФП 2000, $U_0=1500В$, $C=1800\text{мкФ}$, $L=50\text{мкГ}$, $\sigma=840\text{мкс}$.

Спектр излучения трубчатых ИЛ (температура плазмы 8000-12000 К) охватывает диапазон длин волн 155-4500 нм при кварцевой колбе и 290-3000 нм при стеклянной.

Интегральные за импульс спектры излучения состоят из спектральных линий и сплошного фона. Спектр выглядит примерно так (Рис9. 3.)

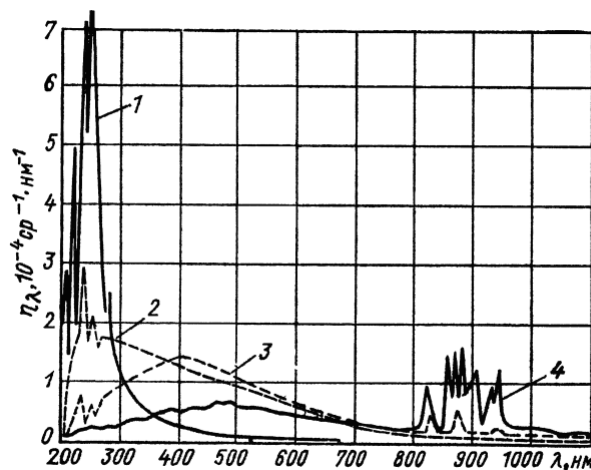


Рис. 9.3 – Спектральное распределение КПД в единичном телесном угле в направлении перпендикулярном оси трубки, для трубчатых ксеноновых ламп.

- 1 – при объёмной плотности мощности $5 \cdot 10^6 \text{МВт/м}^3$; 2-1; 3-0, 2; 4-0, 04 10^6МВт/м^3 .

Спектры ИЛ практически не меняются при изменении частоты следования разрядов, если в промежутке между импульсами наполнение приходит к первоначальному состоянию. Как видно с рис. 9.3., при увеличении объёмной плотности температура плазмы возрастает, доля УФ увеличивается, а ИК падает. Прежде чем попасть на приёмник, излучение плазмы проходит через ряд сред, которые играют роль оптических фильтров. Область прозрачности кварцевых колб от 155 до 4500 нм., а электровакуумных стекол от 290 до 3000 нм. Таким образом, спектральные характеристики и интегральные по спектру к. п. д., кварцевых и стеклянных импульсных ламп могут существенно различаются при одинаковых параметрах разряда.

Основные признаки классификации импульсных ламп.

Основные конструктивные эксплуатационные особенности импульсной лампы и её световые параметры задаются областью её применения и характером соответствующей оптической задачи. Прежде всего, делается выбор вида импульсного разряда (ограниченного стенками или свободно расширяющегося) и, следовательно, принципиальной конструкции лампы – трубчатой или шаровой, конструктивные элементы которых различаются особенно существенно.

В тех случаях, когда основным требованием является получение минимального светящего объема (не обязательно строго локализованного) с высокой пиковой яркостью при малой длительности вспышки, несомненными преимуществами обладают шаровые лампы, которые могут рассеять значительно большую мощность и обладают значительно большей долговечностью, чем капиллярные лампы с тем же расстоянием между электродами. Применение трубчатой лампы для получения коротких вспышек при малом светящем объеме может быть оправдано только в тех случаях, когда долговечность и средняя мощность являются второстепенными факторами по сравнению со стабильностью положения канала разряда (особенно важной, например, когда необходимо осветить узкую щель или какой-либо другой малый объект) или компактностью лампы в целом (при использовании лампы в узких полостях). Шаровые лампы предпочтительнее также в большинстве случаев, когда требуется сравнительно высокая частота вспышек при небольшой энергии отдельной вспышки. В этих случаях световая отдача шаровых ламп, слабо зависящая от энергии вспышки, становится выше световой отдачи трубчатых ламп.

Напротив, трубчатые лампы, помимо случаев, требующих строгой локализации светящего объема, более выгодны в тех случаях, когда произведение радиуса канала на энергию вспышки, отнесенную к 1см^3 канала, превосходит 2 Дж/см^2 , длительность вспышек составляет десятки и более микросекунд, а хотя бы один размер светящего объема – десятки и более миллиметров. Итак, основные области применения импульсных ламп можно свести в таблицу (Табл. 9.2.)

Таблица 9.2 – Основные области применения импульсных ламп

| Области применения | Важнейшие особенности | Класс ламп |
|--|---|------------|
| Большинство задач общей и специальной фотографии (кроме сверхскоростной и микросъемок); световая сигнализация, полиграфия. | Большая световая энергия. Специальная форма светящего объема. | Трубчатые |
| Оптическая накачка, фотохимия. | Большая световая энергия. Специальная форма светящего объема. Максимальное соответствие спектра излучения источника спектра поглощения приемника. | |
| Освещение узких оптических щелей в оптико-электронных приборах, скоростная съемка и т.п. | Специальная форма и строгая локализация светящего объема. | |
| Аппаратура с узконаправленными каналами информации и команд (связь, оптическая локализация, управление); стробоскопия, сверхскоростная съемка. | Высокая частота и малая энергия вспышек. Короткая длительность вспышек. Малые размеры светящего объема. | Шаровые |
| Фотолитография (например, в производстве элементов микроэлектроники), микросъемка. | Согласование спектра излучения источника со спектром поглощения приемника. Малые размеры светящего объема и короткая длительность вспышек. | |

Вторым классификационным признаком является конструкция лампы. Трубчатые лампы, в зависимости от требований к пространственному распределению светового потока, подразделяются на лампы с прямой цилиндрической разрядной полостью и лампы с полостью сложной конфигурации: спиральной, U-образной, панельной, коаксиальной и т.п. Шаровые лампы, при общности вида светящего тела (малые объемы и линейные размеры), могут существенно различаться элементами конструктивного исполнения (число и расположение в разрядном промежутке электродов зажигания, конструкции токовводы, оболочки, цоколей и др.).

Следующим классификационным признаком является режим работы лампы, на который она рассчитана: частотный (стробоскопический) или одиночных вспышек.

Несмотря на то, что большинство типов импульсных ламп работоспособно в обоих режимах, этот признак важен потому, что повышение экономичности и эффективности ламп конкретного применения с учетом режима часто обуславливает выбор специальных материалов и конструктивных решений, приводящих к существенному отличию ламп данного типа от других.

По этим трём основным признакам и была введена система условных обозначений отечественных импульсных ламп, установленной ГОСТ 19685-75. Согласно стандарту первые элементы обозначения (буквы) характеризуют назначение ламп, а последующие – форму разрядной части или конструкцию лампы. Цифрами обозначается порядковый номер типа ламп, а также размеры разрядной части (для ламп накачки), энергию разряда (для фото осветительных

ламп) или средняя мощность (для ламп, работающих в частотном режиме). Например, ИПП 2-6/240 – импульсная лампа накачки прямая с размерами светящего тела: диаметром 6мм, длиной 240мм; СК-25 – импульсная светосигнальная с телом свечения сложной конфигурации и номинальной энергией разряда 25Дж. Вследствие расширения областей применения, соответственно и типов ламп, номенклатура всё время расширяется и меняется маркировка. Обычно к серийным лампам выдается паспорт, в котором все указано.

Основные конструктивные элементы.

Основными конструктивными элементами импульсной лампы являются:

- а) баллон и газовое наполнение лампы;
- б) электродные узлы: катодный (включающий в себя катод, газопоглотитель, ввод в стекло и внешний вывод); анодный (анод, ввод, внешний вывод), управляющий электрод (электрод зажигания);
- в) элементы внешнего оформления: цоколь, защитный баллон, приспособления для принудительного охлаждения, блокировки и т. п.

Баллон и газовое наполнение.

Баллоны светосигнальных и фото осветительных ламп изготавливаются из стеклянной или кварцевой трубки, длина и диаметр которой выбираются, прежде всего, исходя из данных о допустимых нагрузках в режиме редко повторяющихся вспышек. В зависимости от светооптической задачи трубке придается с помощью огневой обработки соответствующая конфигурация (кольцо, U-образная форма, цилиндрическая, плоская или вписывающаяся в шар спираль и т. п.). Дешевле и технологичнее трубки стеклянные, но допустимая нагрузка меньше. Поэтому, если возможно, применяют стеклянные трубки.

Выбор баллона шаровых импульсных ламп, основывается на данных о допустимой средней мощности, отнесенной к 1см^2 поверхности баллона. Если давление высокое, то баллону придается форма, близкая к шаровой. Толщина стенки 1, 5-3мм, что обеспечивает максимальную прочность. Ещё большее увеличение толщины стенок нецелесообразно из-за возрастания неоднородных внутренних напряжений в стекле; вообще остаточные напряжения в стенках баллона, возникающие после огневых операции обработки стека, решающим образом влияют на прочность баллона, и в производстве ламп высокого давления большое внимание уделяется их снятию путем отжига стекла. Если оптическая задача может быть решена при давлении наполняющего газа, ниже 0,1 МПа, баллон лампы может иметь цилиндрическую форму – помимо упрощения изготовления баллона, низкое давление выгодно благодаря простоте наполнения ламп, их взрывобезопасности и снижению напряжений питания и управляющего импульса.

Большинство типов импульсных ламп наполняются ксеноном, обеспечивающим наибольшее значение спектрального к.п.д., почти во всем диапазоне длин волн, а также наилучшую нагрузочную характеристику и наибольшую долговечность (при равных давлениях скорость распыления материала электродов в ксеноне наименьшая). Выбор давления ксенона обычно

основывается на компромиссе между стремлением обеспечить наибольшую световую эффективность лампы и наименьшее напряжение её зажигания (обычно трубчатые лампы) или наименьшую вероятность взрыва её баллона шаровые лампы и высоковольтные трубчатые лампы для фотохимии с ультракороткой длительностью вспышки. Например, для большинства трубчатых фотоосветительных и сигнальных ламп с внутренним диаметром трубки 5-20мм обычно останавливаются на давлении 0,013-0,04 МПа (100-300 мм.рт.ст.), выше которого их световая отдача практически не увеличивается. Давление ксенона в не требующих особо низкого напряжения зажигания лампах накачки и капиллярных лампах выбирается для повышения их долговечности в пределах 0,04-0,08МПа. Иногда, если одним из главных критериев является обеспечение наименьшего напряжения зажигания, давление ксенона снижают до минимума (например, до 0,006МПа), пренебрегая ухудшением других параметров. Наполнение ламп накачки криптоном, неоном, а также смесями ксенона с криптоном, парами ртути или парами щелочных, щелочноземельных металлов промышленного применения пока еще не нашло, так как достигаемое при этом небольшое повышение эффективности накачки не компенсирует ухудшения других характеристик ламп, в первую очередь долговечности.

Шаровые импульсные лампы обычно наполняются ксеноном или смесью ксенона с лёгкими молекулярными газами (водородом, азотом). Реже применяется аргон или азот. Основой для выбора наполнения являются данные о силе света, яркости и длительности вспышки ламп, а также об их частотных характеристиках. При больших концентрациях энергии (высокое напряжение питания, малая индуктивность разрядного контура, достаточная ёмкость и небольшой срок службы) наилучшим может явиться наполнение смесью ксенона с азотом при общем давлении около 0,09 МПа и парциальном давлении азота около 0,03МПа. В случаях малых концентраций энергии преимущество остаётся за ксеноном, обеспечивающим при всех условиях наибольшую долговечность ламп.