

Особенности конструкции ксеноновых ламп СВД с сапфировой оболочкой

С. В. ГАВРИШ

Филиал АО «Стелла – К», Москва
E-mail: svgavr@list.ru

Аннотация

В данной публикации рассмотрены основные результаты разработки первого отечественного образца ксеноновой газоразрядной лампы СВД с сапфировой оболочкой. В статье предложен способ контроля тепловых полей полупрозрачных материалов и исследовано распределение температур кварцевых и сапфировых оболочек газоразрядных ламп СВД. Изучена механическая прочность сапфировых труб в зависимости от температуры, выполнен расчёт толщины стенки разрядной оболочки и рассмотрены особенности конструкции ксеноновой лампы СВД с сапфировой оболочкой.

Ключевые слова: газоразрядная лампа, разряд СВД, кварцевая и сапфировая оболочка, ксенон, механическая прочность, распределение температуры, тепловое поле колбы.

1. Введение

В настоящее время ксеноновые лампы сверхвысокого давления в кварцевой шаровой колбе, несмотря на бурно развивающийся рынок различных источников света (МГЛ, люминесцентные амальгамные лампы, светодиоды и т.д.), остаются незаменимыми в узконаправленных прожекторах различного назначения [1]. Другая особенность этих источников света (короткодуговых ламп) заключается в том, что с момента появления первых, ставших классическими, работ Н.А. Капцова, Д.А. Гоухберга, Г.Н. Рохлина, Р.Е. Ровинского и др. [2–4], посвящённых данному классу ламп, их конструктивное исполнение практически не изменилось (рис. 1). По-прежнему лампы СВД имеют шаровую (эллиптическую) оболочку, выполненную из кварцевого стекла с различной степенью прозрачности (легирования), токовые вводы в виде молибденовой фольги цилиндрической или плоской конфигурации и т.д. Недостатками описанной конструкции

являются большие габаритные размеры, определяющие в итоге размеры прожектора, низкая механическая прочность, связанная с напряжениями в зоне соединения шаровой колбы с электродным узлом, спектральный диапазон излучения лампы до 4,2 мкм, определяемый областью прозрачности кварца, сложность конструкции и технологии изготовления, обусловленная необходимостью точной юстировки острия катода к базовой поверхности цоколя. Поэтому поиск новых технических решений, позволяющих исключить указанные недостатки, является актуальной задачей.

2. Предпосылки создания газоразрядных ламп с сапфировой оболочкой

Начавшийся в 70-х годах прошлого века серийный выпуск натриевых ламп высокого давления и поиск новых материалов для повышения их эффективности способствовали развитию предложенного А.В. Степановым метода направленной кристаллизации труб из монокристаллической окиси алюминия (сапфира, корунда) [5]. Это было оправдано, потому что корунд обладает уникальными свойствами: высокая оптическая прозрачность (до 96 %) в спектральном диапазоне до 6 мкм, механическая прочность, химическая стойкость к парам щелочных металлов и т.д. На начальном этапе использование сапфировых труб в конструкции газоразряд-

ных ламп было экономически невыгодно, что обусловлено сложностью механизма выращивания кристаллов, высокой энергоёмкостью процесса, низким качеством обработки сапфира (шлифовка, полировка), отсутствием беспримесного сырья и методов его подготовки. В начале 90-х годов перечисленные проблемы были практически решены, сапфировые трубы промышленно выращивались групповым способом, что удешевило эти изделия, и одновременно начались интенсивные разработки газоразрядных ламп с плазмообразующими средами на основе щелочных металлов [6]. Поэтому сложившаяся ситуация и полученные результаты успешного применения сапфира обусловили необходимость разработки ламп СВД в корундовой оболочке.

Материал оболочек любой газоразрядной лампы должен удовлетворять следующим требованиям: оптическая прозрачность в широком спектральном диапазоне, устойчивость к рабочим температурам и давлению наполнения, отсутствие газовой выделенности, химическая стойкость к компонентам плазмообразующей среды, механическая прочность и т.д. [2, 4]. Столь широкий спектр ограничений обусловлен двусторонним энергетическим воздействием на оболочку. Из плазмы это выходящее излучение и энергия, передаваемая теплопроводностью, заряженными частицами, ударными волнами, а снаружи возвращённое излучение от светоформирующей оптической системы или от других ламп (в случае многоламповых систем), внешние воздействующие факторы (рентгеновское, нейтронное излучение и т.д.), химическое взаимодействие с окружающей средой и т.д. В случае газоразрядных ламп СВД колба должна дополнительно обеспечивать механическую прочность при воздействии внутренних давле-



Рис. 1. Конструктивное исполнение ксеноновых ламп СВД с шаровой кварцевой и цилиндрической сапфировой оболочками

Конструктивные и электрические характеристики ламп типа ДКсШ-150 и ДКсШ-500

Тип лампы	Конструктивные параметры				Электрические характеристики				
	d_1^* , мм	d_2^* , мм	$l_{м.э.}$, мм	$p_{Хе}$, МПа	P_n , Вт	U_p , В	I_p , А	$j_{ан.}$, А/см ²	$P_{уд.}$, Вт/см ²
ДКсШ-150	20	14	2,5	2,0	154	18,8	8,4	60,0	25,0
ДКсШ-500	30	26	1,3	1,2	514	13,6	38	54,3	24,2

* – d_1 и d_2 – внешний и внутренний диаметр шаровой колбы, соответственно

ний наполнения до 50 атм при рабочих температурах лампы. Отсюда при конструировании оболочки РЛ СВД с сапфировой оболочкой возникают три актуальных задачи:

1. Разработка методики и измерение распределения температуры кварцевой колбы ($T_{об}$) ксеноновой лампы при различных удельных электрических нагрузках для прогнозирования тепловых полей источника света с сапфировой оболочкой;

2. Изучение зависимости механической прочности сапфировых труб от структурного совершенства кристаллов и температуры.

3. Оценка размеров сапфировой колбы и разработка технологии изготовления лампы СВД с сапфировой оболочкой.

3. Исследования продольного распределения температуры шаровой кварцевой оболочки газоразрядной ксеноновой лампы СВД

3.1. Методика исследования

В силу простоты и широкого диапазона измеряемых температур при исследованиях теплового состояния колб разрядных ламп наибольшее распространение получил термопарный способ [4, 7]. Однако в этом случае измерение $T_{об}$ имеет ряд существенных особенностей, которые необходимо учитывать при выборе конструкции термопары и оценке погрешности измерения температуры. Во-первых, измеряются температуры поверхности, как правило, тонкостенных оболочек, имеющих коэффициент теплопроводности χ примерно на два порядка ниже, чем χ материала термоэлектродов. Во-вторых, оболочки, на поверхности которых измеряется температура, прозрачны, и на термопару воздействует лучистый поток, выходящий из разряда.

Исключить указанные недостатки позволяют методы пирометрии (термографии) [8]. В связи с объёмным характером излучения полупрозрачных кристаллов кварца и сапфира к ним неприменимы стандартные методы термографии. Поэтому для измерения температуры разрабатываются специальные пирометры частичного излучения, работающие за границей пропускания исследуемого объекта [8, 9]. С ростом температуры от комнатной до рабочих значений лампы интервал непрозрачности материала оболочки в диапазоне длин волн $\Delta\lambda$, который можно использовать для пирометрии, меняется. Например, у сапфира при нагреве наблюдается незначительное смещение $\Delta\lambda$ в коротковолновую область спектра инфракрасной границы пропускания [9].

Коротковолновое поглощение (УФ диапазон) кварца или корунда, где величина коэффициента поглощения достигает 10^3 – 10^4 см⁻¹, является результатом взаимодействия электромагнитной волны с электронами кристаллической решётки. Положение длинноволнового края этого поглощения определяется примесями, имеющимися в структуре материала [8, 9]. Поэтому коэффициент поглощения может существенно меняться при незначительной вариации концентрации дефектов и в связи с этим не представляет интереса для пирометрии.

Наиболее интересна коротковолновая граница первой колебательной полосы поглощения кварца и корунда. В этой области k_λ полупрозрачных материалов может достигать $k_\lambda = 10^2$ – 10^3 см⁻¹, а излучательная способность приближается к единице. Например, по данным работы [8], для корунда при температуре 2000 К в спектральном диапазоне 6–10 мкм 95 % энергии излучается приповерхностным слоем толщиной всего 0,65 мм, что при традиционных толщинах оболочек разрядных ламп (1,5–3,5 мм)

позволяет судить о температуре поверхности разрядной трубки. В связи с малым значением коэффициента отражения k , в этой области на результаты измерений его влияние незначительно. Следовательно, если на приёмник попадает излучение из этой части области непрозрачности сапфира, то сигнал приёмника будет однозначно связан с температурой поверхности оболочки из этого материала.

3.2. Экспериментальное изучение распределения температуры поверхности шаровой колбы газоразрядной лампы СВД

В наших экспериментах по определению температурных полей сапфировых оболочек была использована тепловизионная система SDS *HotFind-LXT*, построенная на использовании многоэлементных приёмников излучения, т.е. матриц, число элементов которых позволяет сформировать телевизионный кадр с хорошим пространственным разрешением. У этого пирометра рабочий спектральный диапазон составляет 7,5–14 мкм, и он позволяет измерять температуру в диапазоне от –20 °С до +1500 °С.

Исследования температурных полей ксеноновых ламп СВД с шаровой кварцевой колбой проводились с конструктивными и электрическими характеристиками, приведёнными в табл. 1.

Измерение температуры колбы производилось через 10 минут после достижения номинальной электрической мощности лампы. В результате такого прогрева распределение температуры вдоль оболочки стабилизировалось и принимало вид, приведённый на рис. 2–3. Для наглядности полученных температурных профилей кварцевой шаровой колбы на указанных рисунках представлены фотографии с монитора тепловизора. При из-

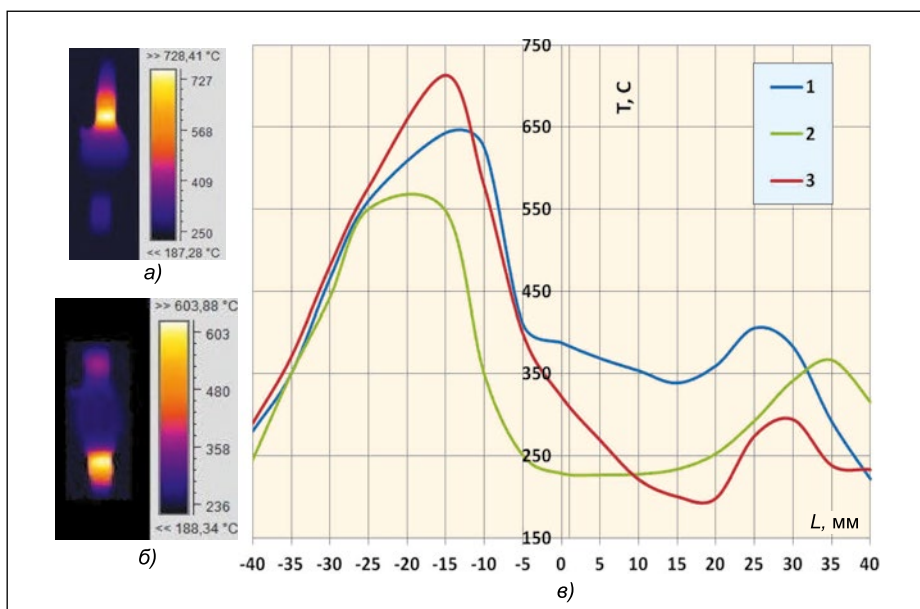


Рис. 2. Фото температурных полей ксеноновой лампы ДКсШ-150 при вертикальном рабочем положении анодом (а) и катодом (б) вверху и продольное распределение температуры колбы (в) при работе лампы в горизонтальном (1) и вертикальном положениях с катодом (2) и анодом (3) вверху

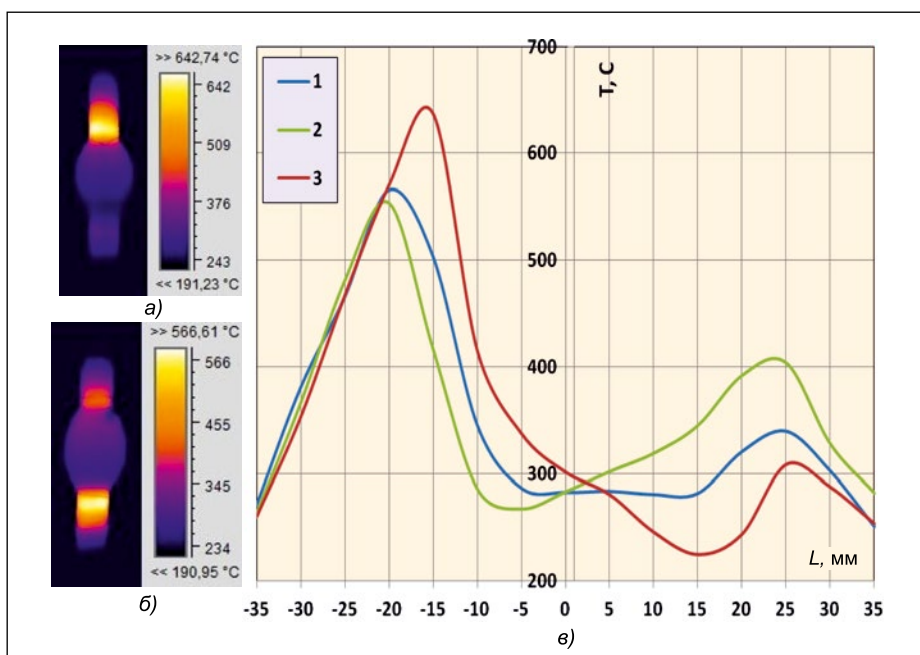


Рис. 3. Фото температурных полей ксеноновой лампы ДКсШ-500 при вертикальном рабочем положении анодом (а) и катодом (б) вверху и продольное распределение температуры колбы (в) при работе лампы в горизонтальном (1) и вертикальном положениях с катодом (2) и анодом (3) вверху

мерениях в качестве нулевой точки отсчёта расстояния вдоль колбы для кривых рис. 2–3 принималось расположение катодного пятна.

Из полученных данных следует, что ход температурных кривых исследуемых ламп идентичен. Наблюдается расхождение в $T_{об}$ двух ламп в плоскости, проходящей через катодное пятно перпендикулярно оси лампы. Данное явление связано с различием в межэ-

лектродном расстоянии $l_{м.э.}$, обеспечивающем в случае ДКсШ-150 большие потери разряда излучением на колбу. Важной особенностью полученных результатов является наличие высоких продольных градиентов температур лампы, обусловленных высокими потерями мощности теплопроводностью ксенона и воздействием излучения нагретого анода на близко прилегающую часть шаровой колбы [2–4].

Как следует из табл. 1, удельная электрическая нагрузка на единицу внутренней поверхности шаровой колбы одинакова и плотности тока $j_{ан}$ на аноде соизмеримы, поэтому температуры поверхности колбы в анодной зоне обеих ламп близки и не превышают 700°C . Минимальная температура шаровой оболочки наблюдается на удалении 15–20 мм от острия катода и находится в диапазоне 180–350 $^{\circ}\text{C}$ в зависимости от типа лампы и её рабочего положения в пространстве. Указанный диапазон температур связан с конвекцией ксенона при изменении положения лампы.

Таким образом, при конструировании ксеноновой лампы СВД мощностью до 500 Вт с сапфировой колбой необходимо учесть, что оболочка лампы должна обеспечивать механическую прочность в условиях давлений до 50 атм при рабочих температурах до 700°C .

4. Создание ксеноновых газоразрядных ламп с сапфировой оболочкой

Использование сапфира в качестве оболочки газоразрядной лампы – новая задача, поэтому для её решения требуется изучение зависимости прочностных свойств этого материала от структурного совершенства монокристалла и условий эксплуатации прибора, прежде всего – его рабочей температуры.

4.1. Исследования механической прочности сапфировых труб

Механическая прочность труб из монокристаллического бесцветного корунда, выращенного по методу Степанова, зависит от структурного совершенства кристалла [4, 9, 10]. Подробный анализ дефектов в сапфировых трубах проведён в статье [10]. В этой публикации автором показано, что основным фактором, определяющим механическую прочность, является наличие большого числа разориентированных кристаллических областей макроскопических размеров (блоков). Границы блоков являются местом скопления внутренних напряжений, величина которых определяется углом разориентации макроразностей и температурным состоянием кристалла. Часть напряжений снимается равномерным отжигом выращен-

Конструктивные и электрические характеристики лампы СПКс-500

Конструктивные параметры				Электрические характеристики				
d_1^* , мм	d_2^* , мм	$l_{м.э.}$, мм	$p_{Хе}$, МПа	P_n , Вт	U_n , В	I_n , А	$j_{ан.}$, А/см ²	$P_{уд.}$, Вт/см ²
20	15,5	1,3	1,2	514	13,6	38	30,4	26,5

* – d_1 и d_2 – внешний и внутренний диаметр цилиндрической сапфировой колбы, соответственно

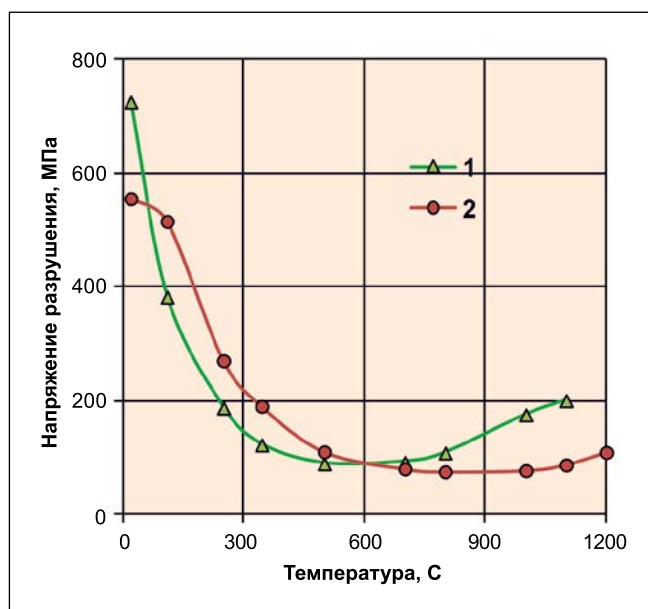


Рис. 4. Температурная зависимость предельного напряжения разрушения корундовых труб, выращенных в кристаллографических направлениях: 1 – [0001]; 2 – [1012].

ного корунда. Однако наличие большого градиента температуры в стенке сапфировой оболочки лампы неизбежно приведёт к росту внутренних напряжений и разрушению монокристалла. Понятно, что чем больше число блоков и выше температурный градиент, тем меньше механическая прочность сапфировой трубы [4, 10].

Прочность корунда, как и других хрупких материалов, зависит от многих факторов: скорости испытания, температуры, качества поверхности образца, среды, различной ориентации кристалла по отношению к прикладываемой нагрузке. Принцип действия устройства для разрушения трубчатых образцов, которое предложено в [10], заключается в том, что используется пластичная составная среда, позволяющая надёжно и просто герметизировать определённый объём образца, обеспечивая при этом равномерное и всестороннее нагружение внутренних стенок сапфировой трубы. Так как при испытании образцов на данном устройстве нагрузка приложена на внутреннюю поверхность трубки равномерно в радиальном направлении в средней части 1/3 длины образца, краевым эффектом можно

пренебречь. Торцы испытуемых труб подвергались шлифовке только для обеспечения прямолинейности.

Величину прочности, т.е. тангенциальное напряжение разрыва стенок трубчатого образца σ_p рассчитывали по формуле [10]:

$$\sigma_p = \frac{F}{\pi \times R_1^2} \times \frac{(R_2^2 + R_1^2)}{(R_2^2 - R_1^2)} \quad (1)$$

где F – усилие; R_1 – внутренний диаметр; R_2 – наружный диаметр. Точность измерения, обеспечиваемая методикой, – 5 кг/мм².

На рис. 4 представлена экспериментально полученная температурная зависимость механической прочности безблочных труб с толщиной стенки 1,4 мм, выращенных по методу Степанова, с кристаллографической ориентацией [0001] (кривая 1) и [1012] (кривая 2) в интервале температур 200–1100 °С. Повышение температуры производилось со скоростью 10 град/мин и контролировалось термопарой. Силовое нагружение образца происходило в течение 5–10 секунд. После разрушения по формуле (1) подсчитывались предельные на-

пряжения прочности и производилось усреднение.

Несовпадение минимума прочности на кривых связано с тем, что разрушение проводилось в разных кристаллографических плоскостях. Несмотря на некоторое различие в показателях механической прочности, ход кривых идентичен. Из рис. 4 видно, что в температурном интервале (400–700 °С) имеется явно выраженный минимум прочности. Наличие спада разрушающего напряжения от температуры свойственно многим хрупким материалам и связано с наличием в последнем перенапряжённых участков, характеризующихся коэффициентом $n = \sigma_e / \sigma_{ср}$, где $\sigma_{ср} = P/S$ (P – сила, S – площадь сечения образца) – распределённые по объёму локальные перенапряжения, которые зависят от микроструктуры образца.

Причины аномальной зависимости прочности от температуры объясняются наложением процессов деформации и разрушения. На низкотемпературном участке деформационные процессы замедлены, коэффициент перенапряжения велик и почти постоянен. Повышение температуры до 800 °С ускоряет деформацию, за время испытания локальные напряжения успевают снизиться, а с повышением температуры коэффициент n резко падает, поэтому с ростом температуры σ_p также растёт. Следовательно, на температурно-силовую зависимость сапфировой трубы в первую очередь влияет коэффициент локальных перенапряжений. Влияние разориентации блоков до 25° и напряжений до 16 кг/мм² не обнаружено.

Приведённые выше результаты относятся только к механической прочности сапфировых труб. В то же время для конструктора разрядных источников высокоинтенсивного излучения различного назначения будут важны дополнительные требования, полученные авторами в [5, 9–12]. В части кристаллографических свойств сапфировые трубы не должны иметь откло-

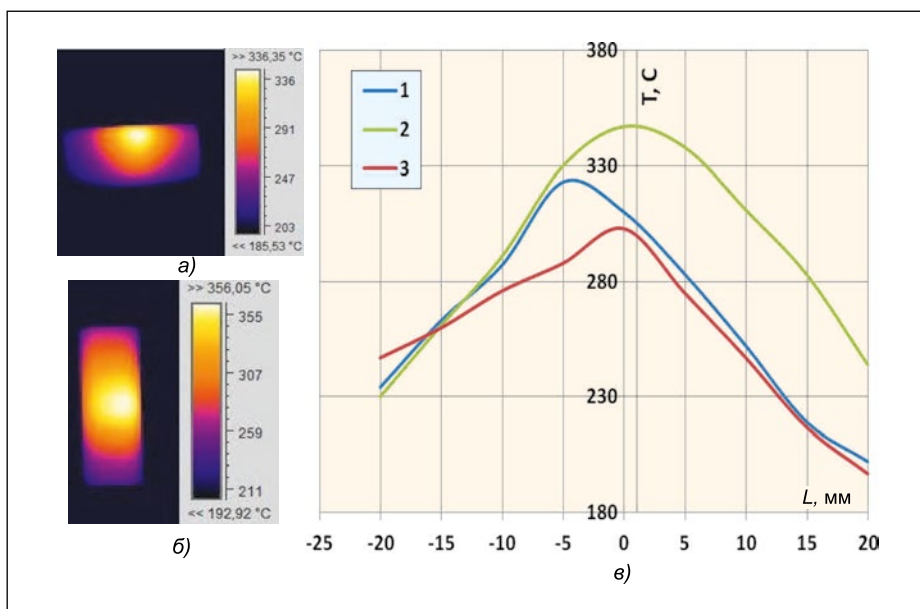


Рис. 5. Фото температурных полей ксеноновой лампы СПКс-500 при горизонтальном (а) и вертикальном рабочем положении анодом (б) вверху и продольное распределение температуры колбы (в) при работе лампы в горизонтальном (1) и вертикальном положениях с катодом (2) и анодом (3) вверху

нение геометрической оси от кристаллографического направления $[000\bar{1}]$ более чем на 10° , не должны содержать в объёме стенки больше 5 блоков в поперечном сечении при разориентации соседних блоков больше 10° . Корундовые трубы должны иметь коэффициент пропускания не менее 90 % в спектральном диапазоне от 0,3 до 5 мкм, не содержать включения второй фазы, помутнения, непрозрачные дефекты, пузыри и ростовые сдвиги, выдерживать без потери оптической прозрачности повышение температуры до 1950°C . В части геометрических размеров для труб с внутренним диаметром от 5 до 11 мм допускается отклонение $\pm 0,3$ мм, стрела прогиба на длине 150 мм – не более 0,2 мм, волнистость поверхности должна находиться в пределах допуска на геометрические размеры. Пузырность нормируется по категориям и классам на оптические материалы.

5. Особенности конструкции газоразрядной лампы СВД

Следует учесть некоторые особенности работы кварцевых ксеноновых короткодуговых ламп [2, 3], которые могут существенно сказаться на работоспособности аналогичных источников с сапфировой оболочкой. Колбы ламп высокой интенсивности должны быть рассчитаны таким образом, чтобы возникающие в сапфировой труб-

ке механические напряжения не вызывали их разрушения. Появление напряжений вызывается высоким давлением наполняющего газа и термическими напряжениями вследствие температурных градиентов в стенках оболочки и в зонах соединения сапфировой колбы происходит в случае, когда наибольшие растягивающие усилия достигают предела прочности.

Если внутреннее давление превышает внешнее, колба испытывает разрывные усилия. Возникающее при этом в цилиндрической колбе осевое напряжение σ_0 равно [11]:

$$\sigma_0 = \frac{pd}{2h}, \quad (2)$$

где d – внутренний диаметр разрядной колбы, h – толщина стенки сапфировой трубы, p – давление наполняющего газа.

Данное выражение справедливо, если толщина стенки h составляет незначительную часть внутреннего диаметра колбы d . Длительная практика эксплуатации и испытаний кварцевых ламп сверхвысокого давления с естественным охлаждением показала, что для большинства ламп запас прочности достаточен порядка 10 [11]. Следовательно, необходимо проводить расчёт толщины стенки в центре колбы для случая, когда макси-

мальное значение суммарных разрывающих напряжений не превосходит допустимой величины $\sigma_0/10$. Согласно рис. 2в, температура колбы в зоне анодного узла составляет $T_{об} = 700^\circ\text{C}$. Учитывая более высокую теплопроводность сапфира, можно ожидать $T_{об}$ в этом месте до 800°C . Как следует из приведённых на рис. 4 данных, предельная прочность разрушения сапфировой безблочной трубы при такой температуре составляет 10^7 Па. Тогда согласно формуле (1) для ксеноновой лампы СВД при внутреннем диаметре колбы 115 мм и давлении наполнения ксенона 1,5 МПа толщина стенки сапфировой трубы должна быть не менее $h = 1,65$ мм.

Необходимо отметить, что приведённые расчётные оценки получены для давления наполняющего газа при комнатной температуре. Увеличение температуры наполняющего газа приведёт к возрастанию давления газа в несколько раз, но предусмотренный запас прочности позволяет сохранить расчётные значения толщины стенки при конструировании ксеноновых ламп СВД с сапфировой оболочкой.

6. Температурный профиль цилиндрической сапфировой колбы ксеноновой лампы СВД

Использование шаровой формы для колбы из кварцевого стекла обусловлено необходимостью обеспечения равномерной удалённости внутренней поверхности оболочки от высокотемпературного катодного пятна. Учитывая, что распределение температуры оболочки зависит не только от удельной электрической мощности, но и от рабочего положения лампы (рис. 2–3), можно ожидать, что замена формы колбы на сапфировый цилиндр неизбежно приведёт к трансформации температурного поля лампы. Это связано с высокой теплопроводностью сапфира и различием конвективных потоков в рассматриваемых лампах. В свою очередь, в силу анизотропных свойств коэффициента температурного расширения корунда возникновение высоких температурных градиентов в стенке сапфировой трубы может привести к разрушению оболочки.

Исследования теплового поля по описанной выше методике проводились на лампе СВД с сапфировой оболочкой типа СПКс-500, конструктивное исполнение которой приведено

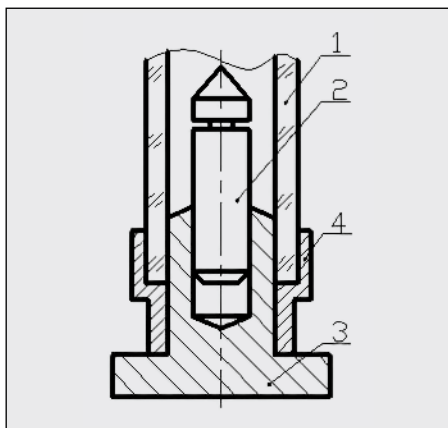


Рис. 6. Конструкция катодного узла лампы СПКс-500. 1 – разрядная трубка; 2 – катод; 3 – держатель (цоколь); 4 – коваровый колпачок

на рис. 1, а основные технические характеристики сведены в табл. 2.

Результаты исследования продольного распределения температуры цилиндрической сапфировой оболочки ксеноновой лампы СВД при средней электрической мощности 350 Вт приведены на рис. 5. Наиболее высокая температура колбы наблюдается в плоскости, проходящей через катодное пятно перпендикулярно оси лампы. Это связано с нагревом сапфировой оболочки излучением. Наблюдаемый плавный градиент температуры в область катода и анода около $5^\circ/\text{мм}$ связан с несколькими конструктивными особенностями лампы:

1. Электроды по всей своей длине имеют значительный зазор (3,5 мм у анода и 6 мм в случае катода) с внутренней поверхностью сапфировой трубки;

2. Электроды закреплены в металлических токовводах, обладающих высокой теплопроводностью, что обеспечивает надёжный отвод тепла от их рабочей поверхности (рис. 6);

3. Сапфир обладает в пятнадцать раз большей теплопроводностью, чем кварц (30 в сравнении с 1,7 Вт/(м·град)) при температуре 100°C и в три раза выше при температуре 1000°C [12].

Необходимо отметить, что использование принудительного охлаждения через конический конфузур направленного потока воздуха со стороны анода позволяет сохранить температурное распределение вдоль поверхности колбы в виде аналогичном приведённому на рис. 5. При этом градиент температуры при увеличении электрической мощности разра-

ботанной лампы до 500 Вт практически остаётся неизменным. Другое расположение лампы, например, под углом 45° к горизонтальной плоскости, незначительно смещает максимум температуры разогретой поверхности оболочки в сторону расположенного выше электрода. При этом температуры поверхности оболочки занимают промежуточное положение между кривыми 1 и 2 на рис. 5.

Важной особенностью рассматриваемой конструкции является её высокая технологичность. Известно, что катодное пятно газоразрядной лампы СВД должно располагаться в фокусе отражателя прожекторной системы. Это достигается строгой фиксацией острия катода по отношению к базовой поверхности цоколя лампы. В случае ксеноновых ламп СВД с кварцевой шаровой колбой юстировка катода выполняется на финальной операции цоколёвки лампы посредством сложных устройств и герметизирующих составов. В предложенной конструкции (рис. 6) установка острия электрода по отношению к торцевой (базовой) части цоколя производится на операции сборки катода 2 с держателем 3. Далее собранный электродный узел герметично присоединяется к предварительно спаянной с коваровыми колпачками 4 сапфировой оболочке 1.

В предлагаемой конструкции для получения герметичного соединения колпачка 4 с сапфиром 1 применена технология пайки медным припоем по предварительно нанесённому вакуумно-дуговым способом титановому покрытию. Подробно данная технология рассмотрена в работе [13].

Срок службы разработанной лампы составил более 200 часов. Критерием годности лампы являлось снижение интенсивности светового потока на 30 %. На протяжении всего времени испытаний лампа обеспечивала устойчивое горение, а снижение световых параметров лампы связано с распылением электродов. Осаждение плёнки материала катода на внутреннюю поверхность оболочки незначительно повышает температуру колбы в условиях принудительного охлаждения её поверхности.

Заключение

В данной публикации рассмотрены основные результаты разработки

первого отечественного образца ксеноновой газоразрядной лампы СВД с сапфировой оболочкой. В статье подробно рассмотрена методика конструирования данного класса газоразрядных ламп, включающая в себя последовательное решение следующих задач:

1. Разработка методики исследования температурных полей полупрозрачных материалов и исследование температурного профиля серийно выпускаемых ламп СВД с целью определения требований к сапфировой оболочке;

2. Изучение механической прочности сапфировых труб в зависимости от температуры и расчёт толщины стенки разрядной оболочки;

3. Исследование температурного состояния сапфировой колбы и разработка конструкции ксеноновой лампы СВД с сапфировой оболочкой.

Предложенные методики исследования, направленные на конструирование газоразрядных ламп СВД с сапфировой оболочкой, будут полезны разработчикам разрядных приборов с использованием новых перспективных материалов, например, различных видов прозрачной оксидной керамики [14]. После изучения механической прочности керамики в зависимости от температуры, вопросов повышения оптической прозрачности и получения надёжных соединений с металлическими токовводами, новые материалы оболочек могут с успехом заменить сапфир в газоразрядных лампах.

Автор выражает благодарность своим коллегам Логинову В.В., Пучниной С.В. и Кондратьеву А.Н. за оказанную помощь в проведении исследований, разработке конструкции и технологии изготовления нового класса отечественных газоразрядных ламп СВД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басов Ю.Г., Раквиашвили А.Г., Сысун В.В. Специальная светотехника. – Минск: Изд.центр БГУ, 2008. – 414 с.
2. Капцов Н.А., Гоухберг Д.А. Лампы сверхвысокого давления // УФН. – 1951. – Т. XLIII. – № 4. – С. 620–664.
3. Гоухберг Д.А., Ровинский Р.Е. Газоразрядные ксеноновые лампы СВД постоянного тока мощностью 1 и 3 кВт // Светотехника. – 1958. – № 10. – С. 1–4.
4. Гавриш С.В. Технология выращивания и характеристики профилированных

сапфировых труб для оболочек разрядных ламп // Технология машиностроения.– 2008.– № 6. – С. 56–61.

5. Гавриш С.В., Градов В.М., Терентьев Ю.И. Особенности конструкции и работы ламп с сапфировыми оболочками // Светотехника.– 2008.– № 2. – С. 12–18.

6. Пчелин В.М., Розовский Е.И., Рохлин Г.Н. Особенности измерения температуры колб высокоинтенсивных источников света термпарным способом // Светотехника.– 1980.– № 11. – С. 11–14.

7. Лингарт Ю.К., Петров В.А. Измерение температуры поверхности некоторых полупрозрачных материалов // ТВТ.– 1980. – Т. 10.– № 1. – С. 174–180.

8. Loytty A. A new ark tube for HPS lamps // Lighting Design and application.– 1976. – С. 14–17.

9. Gavrish S.V. The Effect of Structural Flaws on the Properties of the Sapphire Shell of a Discharge Radiation Source // Russian journal of nondestructive testing.– 2010. – Т. 46.– № 8. – С. 603–610.

10. Браиловский В.Б., Гавриш С.В., Рыжков А.Е. Дефекты структуры и диагностика характеристик труб из профилированных монокристаллов корунда для оболочек импульсных разрядных ламп ИК излучения // Контроль. Диагностика.– 2007.– № 2. – С. 49–59.

11. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат, 1991.–720 с.

12. Рубашев М.А., Бердов Г.И., Гаврилов В.Н. и др. Термостойкие диэлектрики и их спай с металлом в новой технике. – М.: Атомиздат.– 1980.– 246 с.

13. Gavrish S.V., Loguinov V.V., Puchni-na S.V. Technology for producing permanent joints between sapphire and metals // Welding International.– 2015. – Т. 29.– № 1. – С. 78–80.

14. Выдрик Г.А., Соловьёва Т.В., Харитонов Ф.Я. Прозрачная керамика. – М.: Энергия.– 1980.– 96 с.

18 октября 2019 г. МГХПА им. С.Г. Строганова **совместно с редакцией журнала «Светотехника»/ «Light & Engineering», РАХ, Национальной академией дизайна и МАРХИ проводит Международную научно-практическую конференцию**, посвящённую междисциплинарным исследованиям проблем света в проектной и художественной культуре, приуроченную к дискуссии вокруг проблемы самоопределения (самоидентификации) профессии **светодизайнер**, развернувшейся на страницах журнала «Светотехника».

Цель конференции – привлечение международной и российской научной и творческой общности, педагогов и учащихся к осмыслению роли света и светодизайна в художественном творчестве и проектном формировании предметно-пространственной среды, её образной выразительности, самоидентификации профессии «светодизайнер» и особенностям светодизайна в подготовке архитекторов и дизайн-образовании.

Среди задач конференции можно выделить следующие:

- Определение перспектив развития профессии светодизайнера.
- Наполнение данной дисциплины теоретическими и практическими достижениями современного дизайна и науки, учитывающими особенности функциони-

рования дисциплины в ситуации цифрового пространства, современной проектной культуры, исследование форм сохранения и трансляции культурного наследия в области архитектуры средстами светодизайна.

- Обмен творческим опытом архитекторов, дизайнеров и художников в области экспериментального моделирования, теоретического и методического осмысления художественных и проектных средств выразительности светодизайна.

- Приобщение студентов, магистрантов, аспирантов российских и зарубежных вузов к научным исследованиям в области истории, теории, практики светодизайна и новейших тенденций в сфере светотехники и светодизайна в синтезе с архитектурой, дизайном, художественным творчеством и инновационными форматами мультимедиа.

- Проведение конкурса научных разработок, докладов и сообщений по проблеме конференции.

Для участия в конференции и включения в программу и сборник материалов необходимо до **1 июля 2019 г.** включительно представить в оргкомитет заявку на участие в конференции и материалы для публикации. Более подробная информация о конференции, а также заявка участника размещены на сайте журнала.



Гавриш Сергей Викторович,

кандидат техн. наук. Окончил Московский институт электронной техники (МИЭТ) в 1985 г. В настоящий момент является начальником науч-

но-производственного комплекса специальных источников излучения (НПК СИИ) филиала АО «Стелла - К». Область научных интересов: физика плазмы, светотехника, материаловедение

