

ется из решения уравнений переноса излучения (точного или в диффузионном приближении). Прямой расчет этой величины в рамках дискретно-лучевого метода требует больших затрат машинного времени и не оправдал себя в масштабных расчетах.

Описанные выше методы реализованы в комплексе компьютерных программ, дающих возможность квалифицированному пользователю проводить замкнутый цикл моделирования процессов в соответствующих объектах, результаты которого могут быть непосредственно использованы в практике проектирования плазменных систем широкого назначения.

Полученные в ходе моделирования в настоящей работе данные сопоставляются с результатами экспериментов по параметрам процессов в плазме (температурным профилям электронной и газовой компонент, концентрациям частиц разного сорта), спектрам излучения, электрическим характеристикам разрядов с разными источниками и режимами питания в составе различных оптических систем (светотехнические приборы, твердотельные лазеры). На рис. 3 проводится такое сравнение спектров излучения натриевого разряда. Экспериментальные данные взяты из [3].

В данном случае некоторое расхождение данных в длинноволновом крыле резонансной линии связано с тем, что в расчетах не рассматривалась молекулярная компонента.

Особое место в работе отведено методологии и проведению вычислительного эксперимента, в котором в качестве объекта исследования выбран твердотельный лазер на фосфатном неодимовом стекле с импульсной оптической накачкой. При этом моделируются процессы не только в разрядной плазме, но и в активной среде. Модель активной среды построена с учетом штарковского уширение уровней накачки и генерации и неоднородного уширения линии люминесценции. Комплексное рассмотрение прибора позволяет проводить глубокую оптимизацию проектируемого устройства, примеры которой приводятся в работе. В частности обсуждаются способы наиболее эффективного перераспределения спектральных компонент излучения плазмы в полосы накачки активной среды и их дальнейшей трансформации в лазерное излучение, роль плазмы как фильтра суперлюминесцентного излучения, перспективы активной фильтрации лучистых компонент разряда за счет интерференционных покрытий на оболочке ламп.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sinyarev G.B. and Grakov V.M. Beitr. Plasmaphys. 24, 499–528 (1984).
2. Градов В.М., Орбачевский Л.С. и др. // Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана, под ред. И.Б. Федорова, М.; Мир, 1990. С. 65–83.
3. de Groot J.J. and J.A.J.M. Van Vliet. J.Phys. D: 1975 Appl. Phys. 8, P. 651–662.

УДК 621.327.534:546.13

Металлогалогенные лампы с керамической горелкой

С.А. МАКЛДЖОН, инженер

GE Lighting Europe*

Потенциальные преимущества керамической горелки (КГ) для разрядных МГЛ были известны уже много лет, но высокая себестоимость производства мешала их внедрению. Первый подробный доклад о таком ИС был опубликован в 1982 г. [1]. Эта лампа содержала смесь галогенидов натрия и олова $\{Na + Sn + Cl + I\}$ в горелке из поликристаллической окиси алюминия (ПКА) с металлокерамическими заглушками и втулками.

Горелка ПКА имеет три ключевые преимущества над горелками из кварцевого стекла (КС): более высокая рабочая температура, обеспечивающая лучшие световые и цветовые характеристики; значительно меньшие потери натрия из плазмы, что дает устойчивые цветовые характеристики в процессе эксплуатации; более точный контроль над габаритами горелки, что обеспечивает уменьшение разброса цветовой температуры и способствует лучшему контролю за напряжением на лампе.

Кинетика химических взаимодействий между ПКА и некоторыми галогенидами такова, что горелки могут эксплуатироваться при температурах до $\sim 1150^{\circ}C$, в сравнении с $\sim 950^{\circ}C$ для КС. Однако работа ИС при таких температурах вызывает ряд трудностей с подбором материалов. Таким образом, ранняя разработка МГЛ с ПКА горелкой была связана с проблемами разрушения материалов, которая нивелирует преимущество перед горелками из КС. Современное проектирование МГЛ низкой мощности с КГ связано с выбором материалов, которые в прошлом ограничивали срок службы и

стабильность светового потока до уровней, не приемлемых для рынка.

На рис. 1 показана принципиальная схема конструкции МГЛ с КГ [1]. Корпус закрыт электропроводящими металлокерамическими втулками, которые обладают относительно низким содержанием металла, что способствует согласованию коэффициентов теплового расширения металлокерамики и ПКА. Приводочный вывод и узел электродов спечены с металлокерамической втулкой, которая впаяна в корпус горелки с помощью тугоплавкого стекла, стойкого к химическому воздействию галогенидов во время работы ИС.

Проблема избежания быстрого химического разрушения спая при высоких температурах была решена чрезвычайно элегантным способом [2]. Конструкция такой горелки показана на рис. 2. Электрод и проводочный вывод образуют трехкомпонентный узел с пайкой к ПКА ножке, что обеспечивается спаем редкоземельного алюмосиликатного стекла с ниобиевым проводочным выводом. Степень проникновения стекла спайки в ПКА ножку является критической величиной, потому что стекло должно покрывать соединение ниobia с молибденом и гарантировать, таким образом, отсутствие взаимодействия ниobia с галогенидами во время работы лампы. Доза металлогаллоидных соединений в горелке поддерживается при существенно более высокой температуре путем большого разнесения спайки и области разряда. Химические реакции между стеклом спайки и дозой галогенидов минимизированы относительно низкими температурами на границе их контакта.

* Melton Road, Leicester LE4 7PD, UK.

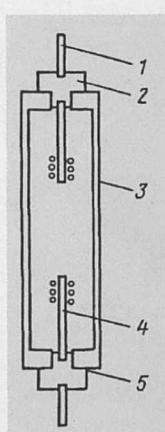


Рис. 1. Схема керамической горелки 150 Вт образца 1982 г. Температуры получены при работе лампы, работающей в вертикальном положении
1 — вывод; 2 — металлокерамическая втулка; 3 — корпус горелки; 4 — W электрод; 5 — спайка

Рис. 2. Схема керамической горелки, применяемой в современных лампах
1 — трехкомпонентный узел; 2 — ПКА ножка; 3 — горелка; 4 — внутренний объем горелки; 5 — W электрод; 6 — Mo вывод; 7 — Nb вывод

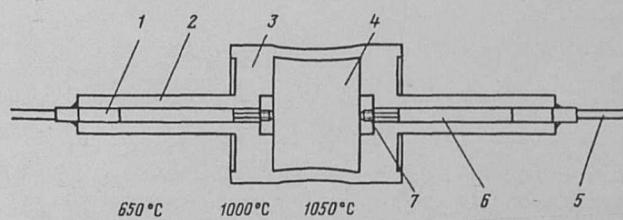


Таблица 1

Показатель	1982 г.	1994 г.
Втулка	Металлокерамическая втулка со спеченным узлом проволочных выводов и электродов	3-компонентный узел (W-Mo-Nb)
Спайка	Стойкое к галогенидам стекло между металлокерамической втулкой и корпусом горелки	Стекло соединяет Nb выводы с ПКА
Разрядный промежуток, мм	~ 15	~ 10
Металло-галогенная доза	Na, Sn, Cl, I	Dy, Ho, Tm, Na, Tl, I
Основные линии излучения	Атомные линии: Hg, Na, Sn Молекулярные: HgCl, HgI Сплошные: SnCl, SnI	Атомные линии: Hg, Na, Tl Молекулярные: Сплошные: Dy, Ho, Tm
Облегчение зажигания	—	Kr ⁸⁵
Исполнение	В цилиндрической колбе	Софитная — цоколь R7s В эллиптической колбе Одноцокольная — цоколь G12 PAR20, PAR30
Номинальная мощность, Вт	150	35, 70, 100, 150
ПРА	Специальный трансформаторный балласт для обеспечения высокого напряжения на лампе	Схема питания МГЛ согласно спецификации IEC 1167 и рекомендуемым электронным балластам
Безопасность	—	CE знак, возможна внешняя УФ- и термозащита
Применение	Освещение в общественных зданиях	Выставочное освещение. Акцентирующая подсветка. Установки, где важно контролировать цвет

Таблица 2

Параметры	1982 г. [1]	1994 г. ¹
Световой поток после 100 час, лм	13500	14000 — вертикальное положение, 13500 — горизонтальное положение
Световая отдача, лм/Вт	90	93
Спад светового потока	Нет данных	85% после 2000 ч 70% после 5000 ч
Цветовая температура, К	3800	3000
Координаты цветности	$x = 0,390; y = 0,385$	$x = 0,435; y = 0,400$
Однородность цвета, К	$\sim \pm 350$ после 100 ч	$< \pm 150$ после 100 ч
Разброс по цветовой температуре, К	Нет данных	$< \pm 200$ после 5000 ч
R_a	> 70	> 80
Срок службы ²	Нет данных	6000 час
Рабочее положение	Только вертикальное	Любое — в зависимости от исполнения

Примечания: 1. Данные из буклета Philips "Mastercolour CDM lamps and gear" (1992). 2. Срок службы определен по времени, когда 50% ламп еще горят.

В то время как Браун [1] использовал смешанную дозу галогенидов, содержащих натрий и олово вместе с хлором и иодом, современные МГЛ с КГ содержат иодиды натрия, таллия и редкоземельных элементов. Обе системы генерируют сплошное спектральное излучение, обеспечивая хорошие свойства цветопередачи ($R_a > 70$ и $R_a > 80$ соответственно) ИС.

Эти композиции добавок вызывают различные типы генерируемого излучения, так как система {Na + Sn + Cl + I} дает атомные линии излучения Hg, Na и Sn с молекулярными линиями HgCl и HgI на 445 и 555 нм соответственно. Считают, что сплошное излучение является результатом электронных переходов моногалоидов олова, SnCl и SnI. В {Na + Tl + RE + I} системе (RE — редкоземельный элемент), дискретные атомные линии излучения возникают из-за Hg, Na и Tl. Сплошное спектральное излучение возникает из-за атомной эмиссии редкоземельных атомов, которые обеспечивают огромное число накладывающихся линий в видимой области спектра.

На рис. 1 показан общий вид горелки используемой в лампах 1982 г., которая представляет собой правильный цилиндр, его полная длина ~ 37 мм; внешний диаметр ~ 8,6 мм; внутренние размеры примерно 33×6,9 мм. Межэлектродный промежуток, ~ 15 мм, намного короче, чем внутренняя длина горелки. Внутренние размеры КГ 150 Вт, используемой в версии лампы 90-х годов, намного меньше и составляют приблизительно 20×11 мм с межэлектродным расстоянием ~ 10 мм. Данные сравнительного анализа конструкций горелок разных лет приведены в табл. 1. Детальное рассмотрение устройства МГЛ было дано Добрускиным [3]. Общий обзор МГЛ был недавно написан Престоном и Оделлом [4].

Улучшение характеристик ламп 1982-го к 1990-му году можно оценить из данных, приведенных в табл. 2. Хотя работа [1] содержит не полный список параметров, она дает достаточную информацию. Через 100 час. работы современные лампы имеют значительно лучшие световые и цветовые характеристики. Пример спектрального распределения МГЛ с КГ нового поколения дан на рис. 3. Значения нормализованы относительно выхода светового потока без учета УФ-защиты внешней оболочки. Керамические горелки из-за своих рассеивающих свойств и отсутствия штенгеля, обеспечивают однородный световой поток и не приводят к осевым и радиальным расслоениям, которые иногда имеются в лампах с горелками из КС.

Последнее поколение МГЛ с КГ разработано для модернизации светильников со стандартными ПРА. Зажигающее устройство (ЗУ) должно обеспечить напряжение зажигания не менее 3,5 кВ.

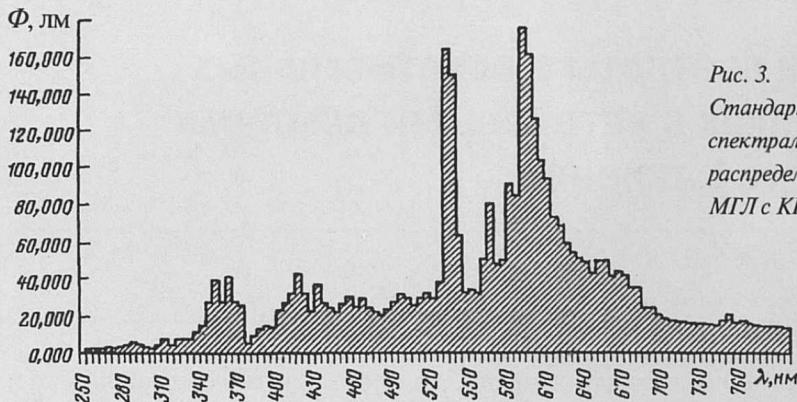


Рис. 3.
Стандартное
спектральное
распределение
МГЛ с КГ (В)

В 1986 г. Биркхофер [5] опубликовал статью в которой были отмечены некоторые требования к МГЛ с КГ: высокая световая отдача, хорошие цветовые характеристики, большой срок службы с низким спадом светового потока, невысокая себестоимость комплекта лампа-ПРА, небольшие мощности ИС от 20 до 150 Вт, компактность и высокая яркость, коэффициент цветопередачи $R_a > 75$, универсальное рабочее положение, малое время разгорания и перезажигания.

Большинство этих параметров приведено в табл. 2 для лампы 150 Вт, обеспечиваются новым поколением МГЛ с КГ. Будущие разработки будут включать кроме ламп с 3000 К, лампы с другими цветовыми температурами и большим сроком службы. Серьезной технической проблемой остается горячее перезажигание.

Автор благодарит многих своих коллег из GE Lighting за их высказывания, которые способствовали обсуждению идей и вызвали дискуссии, что легло в основу этой статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown E., Chalmers A.G., Wharmby D.O., J. Illuminating Engineering Society, P. 106 to 114 (1982).
2. Geven A.B., m. Renardus L.P., Seinen P.A., Stoffels J.A.J., Wijenberg C., Diells H.R., European Patent Application Number 0 587 238 A1. 1993.
3. Dobruskin A., Proceedings 4-th International Symposium on the Science & Technology of Light Sources, University of Kalsruhe. 1986.
4. Preston B. и E Odell. C. in Lamps & Lighting, 4-th edition, editors: J.R. Coaton & A.M. Marsden, published by Arnold. 1997. ISBN 0 340 64618 7.
5. Birkhofer H-P., Lighting in Australia, 1987. P. 14—19.

УДК 628.9.03

Компенсация ультрафиолетовой недостаточности у космонавтов на станции "Мир"

Л.П. ВАРФОЛОМЕЕВ, канд.техн.наук

Всероссийский светотехнический институт*

Космические полеты продолжительностью полгода и более стали уже привычными и не вызывают удивления. Между тем, техническое и медико-биологическое обеспечение столь долгого пребывания людей в совершенно чуждых человеческому организму условиях является одним из крупнейших достижений отечественной науки. Одним из аспектов медико-биологического обеспечения длительных космических полетов

является компенсация УФ-недостаточности.

Проведенные в 70—80-е годы в Институте медико-биологических проблем Минздрава СССР (ИМБП) исследования показали, что пребывание человека в условиях замкнутого объема при искусственном освещении свыше 35 суток сопровождается развитием признаков *D* — авитаминоза: снижается содержание витамина (в крови до нижних границ нормы, изменяется цвет кожных покровов, повышается чувствительность к УФ-излучению. При этом было отмече-

но, что при пребывании человека в гермокамере эти признаки развиваются быстрее, чем в условиях естественной УФ недостаточности (например, в районах Крайнего Севера). Так как поступающий с пищей витамин *D* практически не усваивается организмом взрослого человека, остро вставал вопрос о компенсации УФ-недостаточности космонавтов за счет их облучения оптическим излучением соответствующего спектрального состава.

В связи с тем, что большая часть космической станции освещается Солнцем, само собой напрашивается лобовое решение об использовании солнечного света для облучения космонавтов. В ГОИ им. С.И. Вавилова по нашему заданию были проведены расчеты, показавшие принципиальную возможность такого решения (Д.Н. Лазарев, М.В. Бравловская). Для этого было бы достаточно одного иллюминатора диаметром 23 см, снабженного гелиостатом. В базовом блоке станции "Мир" имеется более 20 иллюминаторов, однако все они заняты научной аппаратурой или оптическими приборами и свободным бывает только один, да и то не всегда. Станция в полете не ориентирована по отношению к Солнцу, гелиостатов на ней нет, поэтому практическое использование солнечного излучения почти невозможно. Кроме того, попытки "загорать" через иллюминатор, предпринимавшиеся космонавтами еще на станции "Салют-5", показали серьезную опасность прямого солнечного света для органа зрения и кожи космонавтов, так как иллюминаторы изготавливаются из чистого кварца, пропускающего жесткое УФ-излучение заатмосферного Солнца.

Поэтому при создании станции "Мир" перед нами была поставлена задача разработки бортового УФ облучателя (БУФ). Такой облучатель был разработан и изготовлен во ВНИИСИ, доставлен на станцию одним из грузовых кораблей "Прогресс" и эксплуатируется там уже более пяти лет. Медико-технические требования к облучателю были выданы ИМБП.

В облучателе БУФ используются люминесцентные лампы ЛЭ8, разработанные специально для этого прибора во ВНИИСИ. Лампы имеют сплошной спектр излучения с максимумом около 320 нм, практически полным отсутствием излучения короче 280 нм и плавным спадом в длинноволновую сторону. В облучателе шесть ламп. Облучатель предназначен для питания от бортовой сети станции напряжением 23—34 В постоянного тока. Каждая лампа питается через свой преобразователь напряжения, а все преобразователи подключены к бортовой сети через общий блок управления, обеспечивающий включение ламп на заданное время в диапазоне 5—45 мин. Время включения изменяется дискретно с интервалом 5 минут. В облу-

* 129626, Москва, пр.Мира, 106.