

УДК 621.327

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С САПФИРОВОЙ ОБОЛОЧКОЙ

Гавриш С.В., Логинов В.В., Пучнина С.В., Ушаков Р.М.

ООО «Научно-производственное предприятие
«Мелитта» Москва, Зеленоград, Российская Федерация

Аннотация. Работа посвящена рассмотрению особенностей конструкции и технологии газоразрядных источников оптического излучения с сапфировой оболочкой: натриевых ламп, источников света с импульсно-периодическим разрядом в парах цезия, ВЧ-ячеек, импульсных источников УФ-излучения и ксеноновых ламп сверхвысокого давления. Даны рекомендации по эксплуатации и применению указанных газоразрядных ламп.

Ключевые слова: газоразрядная лампа, сапфировая оболочка, натриевая лампа, высокочастотная ячейка, импульсный источник УФ-излучения, короткодуговая ксеноновая лампа.

A NEW GENERATION OF GAS-DISCHARGE OPTICAL RADIATION SOURCES WITH A SAPPHIRE SHELL

Gavrish S., Loginov V., Puchnina S., Ushakov R.

Scientific and Production Enterprise "Melitta", Ltd,
Moscow, Zelenograd, Russia

Abstract. The work is dedicated to the consideration of the design features and technology of gas-discharge optical radiation sources with a sapphire shell: sodium lamps, light sources with pulsed periodic discharge in caesium vapor, HF-cells, pulsed UV-radiation sources and ultrahigh pressure xenon lamps. Recommendations on the operation and use of these gas-discharge lamps are given.

Key words: gas-discharge lamp, sapphire shell, sodium lamp, high-frequency cell, pulsed UV-radiation source, short-arc xenon lamp.

Адрес для переписки: Гавриш С.В., ул. Миклухо-Маклая, 16/10, Москва 117997, Российская Федерация
e-mail: svgavr@list.ru

В настоящее время повышение эффективности и долговечности газоразрядных ламп невозможно без применения в их конструкции новых материалов, обеспечивающих устойчивость к агрессивному воздействию различных плазмообразующих сред, механическую прочность, оптическую прозрачность в спектральном диапазоне от 0,2 до 6,0 мкм и т. д. Таким материалом, несомненно, является монокристаллический оксид алюминия (сапфир, корунд) [1]. Внедрение технологии изготовления профилированных монокристаллов по методу А.В. Степанова в промышленность обеспечило возможность группового выращивания сапфировых труб и послужило толчком к развитию новых газоразрядных ламп с корундовой оболочкой (колбой).

Газоразрядные лампы для освещения. Натриевые лампы высокого давления (НЛВД) на сегодняшний день являются самыми эффективными источниками света, так как обеспечивают рекордную светоотдачу (до 120 лм/Вт), что связано с наличием резонансных линий натрия (589,59 и 589,99 нм) [2] в спектральной области максимальной чувствительности глаза.

Важной особенностью конструкции НЛВД является использование в качестве материала оболочки, ограничивающей натриевый разряд, поликристаллического оксида алюминия (поликора), обладающего высокими рассеивающими и от-

ражающими свойствами. Проведенный цикл конструктивных и технологических исследований позволил нам создать базовый вариант НЛВД с сапфировой оболочкой (рис. 1, а), изготавливаемой по бесштенгельной технологии. Такое техническое решение обеспечило рост светоотдачи лампы на 15 % за счет высокой прозрачности сапфира. Разработанные конструкция и технология серийных НЛВД позволили нам совместно с ФТИ им. А.Ф. Иоффе создать первые безртутные источники света на основе импульсно – периодического разряда в парах цезия, которые обеспечивают высокие светоотдачу 80–90 лм/Вт и индекс цветопередачи $Ra = 80$.

Высокочастотные ячейки. Известно, что в качестве источников реперных линий для стандартов частоты применяются резонансное излучение изотопов рубидия и цезия. До настоящего времени в качестве материала оболочки ВЧ ячеек использовалось стекло С55-2, которое не устойчиво к агрессивному воздействию паров щелочных металлов. Нами создан вариант конструкции на базе сапфировой трубы с впаянными полированными сапфировыми окнами (рис. 1, б), что позволило поднять ресурс таких ламп с 500 до 5000 часов непрерывной работы. Использование в качестве плазмообразующей среды пары различных щелочных металлов дает возможность расширить область применения такой конструк-

ции ВЧ ячейки, например, в прецизионных магнито-кардиографах и магнито-энцефалографах, способных регистрировать сверхслабые электромагнитные поля органов человека, (мозга, сердца, мышц и т. д.). Проведенные совместно с институтом ядерной физики МГУ исследования по наработке калиевой ячейки показали снижение интенсивности резонансной линии К на 1 % через 3,5 тыс. часов, что достаточно для применения этих разрядных приборов в гироскопах для авиации, автомобилестроения и т. д.



Рисунок 1 – Фото разработанных ламп с сапфировой оболочкой: НЛВД (а), ВЧ-ячейки стандартов частоты (б), импульсный источник УФ излучения (в), короткодуговая лампа СВД (г)

Импульсные источники УФ-излучения.

В настоящее время широкое распространение получила разработанная в ООО «Мелитга» оптико-плазменная технология обеззараживания воздуха и поверхностей на основе высокоинтенсивного УФ-излучения импульсных ксеноновых ламп с кварцевой оболочкой [4]. Особенностью импульсного разряда в ксеноне является высокий энерговклад в плазму (более 100 Дж) при короткой длительности импульса тока (менее 100 мкс). При эксплуатации в указанных режимах происходит резкий рост температуры плазмы, приводящий к испарению внутренней поверхности кварцевой оболочки и, как следствие, к снижению пропускания материала колбы. Данное явление связано с незначительной температурой кипения

кварцевого стекла $T_{кип.к} = 2230$ °С. Сапфир обладает более высокой $T_{кип.с} = 3500$ °С, что позволяет ожидать более высокого срока службы импульсной ксеноновой лампы. Испытания созданных нами опытных образцов (рис. 1, в) подтвердили перспективность применения сапфира в качестве материала оболочки. При работе в разрядном контуре ($C = 60$ мкФ, $U_n = 1,37$ кВ) нами достигнуто снижение интенсивности УФ-излучения на 30 % после прохождения $5 \cdot 10^6$ импульсов тока в сравнении с 10^5 импульсов у газоразрядной лампы с кварцевой оболочкой.

Газоразрядные ксеноновые лампы сверхвысокого давления (СВД). Точечные источники излучения, использующие разряд в инертных газах СВД (6–20 атм.), ограниченный электродами, широко востребованы в прожекторных системах, промышленном оборудовании и специальной технике [5]. В связи с расширяющейся областью применения таких ламп возрастают технические требования к механической прочности и компактности таких источников излучения. Широко распространенные лампы с кварцевой шаровой колбой и фольговыми тоководами (рис. 1, г) уже не удовлетворяют указанным требованиям [2, 4, 5]. Устранить данный недостаток позволяет замена кварца на сапфир. Проведенные нами исследования показали, что в процессе работы лампы СВД происходит рост давления ксенона в 2–3 раза, достигая величины 60 атм. при температуре колбы 600 °С. Такие жесткие условия работы газоразрядной лампы потребовали поиска способов повышения механической прочности сапфировой колбы, в результате которых были выработаны технические требования к корундовой трубе и технологии изготовления лампы. Изготовленные ксеноновые лампы СВД с сапфировой оболочкой (рис. 1, г) прошли полный цикл испытаний на устойчивость механических и климатических факторов в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.414.1-97 и доказали правомочность выбранных технических решений.

Литература

1. Добровинская, Е. Р. Энциклопедия сапфира / Е. Р. Добровинская, Л. А. Литвинов, В. В. Пищик. – Харьков: Институт монокристаллов, 2004. – 508 с
2. Рохлин, Г. Н. Разрядные источники света / Г. Н. Рохлин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.
3. Исследование светоотдачи безртутной цезиевой лампы в режиме импульсно-периодического разряда / С. В. Гавриш [и др.] // Прикладная физика. – 2019. – № 5. – С. 78–84.
4. Импульсные источники света / И. С. Маршак, А. С. Дойников, В. П. Жильцов [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 472 с.
5. Басов, Ю. Г. Специальная светотехника / Ю. Г. Басов, А. Г. Раквиашвили, В. В. Сысун. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 414 с.