

Ключевые слова: филамент, светодиодная лампа, световой поток, гелий, утечка гелия, длина филамента, ресурс, продолжительность свечения.

Рафаил Тукшаитов | trh_08@mail.ru | заслуженный профессор КГЭУ, академик РАЕ
Искандер Нургалиев | магистрант КГЭУ | Рустам Зарипов | аспирант КГЭУ

О повышении ресурса светотехнических комплексов

при использовании в лампах филаментов большей длины и характере утечки из них гелия

➔ В статье показано, что увеличение длины филаментов позволяет снизить рабочую температуру их поверхности и, таким образом, существенно увеличить ресурс филаментных светодиодных ламп. Обоснованы отсутствие утечки гелия из колб ламп и необходимость разработки специального прибора для контроля его содержания в колбе.

Конструкция филаментной светодиодной лампы (ФСДЛ) впервые была разработана в Японии. Специалисты Китая существенно повысили ее световой поток и в 2013 году начали серийное производство.

Отличие ФСДЛ от типовой светодиодной лампы (ТСДЛ) заключается в применении стеклянной колбы, придающей ей в большей степени декоративный вид. Новая конструкция светодиодной лампы нашла широкое применение в театрах, музеях, кафе и других подобных заведениях [3]. В силу более сложного изготовления ФСДЛ по сравнению с типовыми лампами стоимость их выше, что в настоящее время и определяет объем их производства.

В немалой степени разработке новой конструкции светодиодной лампы способствовало наличие в промышленности уже хорошо отработанной технологии и оборудования, используемого при производстве газоразрядных ламп и ламп накаливания. При расположении светодиодов в герметичной колбе возникла необходимость в применении газа с наибольшей теплопроводной способностью для охлаждения филаментов.

Филаменты представляют собою 1,5-мм пластины (сапфир, стекло или кремний), на которых размещено по 28–30 кристаллов, покрытых единым слоем люминофора. Они располагаются в стеклянной колбе, в которую закачан газ с достаточно высокой теплопроводностью и текучестью. В первые годы после начала производства филаментных светодиодных ламп немало авторов в своих публикациях задавались вопросом, какой в действительности газ используют производители ФСДЛ.

Разработчики и изготовители ФСДЛ не раскрывали данную информацию, ссылаясь на ее конфиденциальность.

Такая неопределенность, существовавшая среди пользователей, побудила провести специальные исследования [1, 2], направленные на изучение газового состава внутри стеклянной колбы. Определяя состав газа, авторы многих публикаций склонялись к мнению, что в светодиодных лампах имеется газ на основе гелия. Однако реальный состав газовой смеси многие годы так и оставался неизвестным.

Решению данного вопроса была посвящена работа [2], в которой с помощью современного газоанализатора установлено, что в ФСДЛ используется гелий с незначительными примесями

других газов. Например, в отдельных моделях содержится до 5% иных газов, но это обусловлено лишь специальным приобретением производителями газа с наличием примесей, как имеющего более низкую стоимость. Таким образом был получен ответ на вопрос, стоявший на повестке дня около 10 лет.

В статье [4] показано, что при удалении газа из колбы ФСДЛ через искусственно созданное отверстие, она почти мгновенно перегорает. В то же время установлено, что при полном удалении стеклянной колбы и, соответственно, гелиевого охладителя ФСДЛ также сохраняет работоспособность. Возможность работы филаментов в условиях охлаждения воздухом окружающей среды создает предпосылки для разработки в дальнейшем ФСДЛ новой конструкции, а необходимость применения гелия возникает только в силу размещения филаментов в герметизированной колбе.

Высокая текучесть гелия наводила отдельных авторов на мысль, что медленная утечка газа в лампе в целом возможна. Поэтому вопрос о необходимости контроля содержания гелия и разработки специального прибора для такого контроля был поднят в [5]. Это побудило нас вернуться к рассмотрению характера утечки газа в филаментной лампе на основе ранее выполненных работ [4, 6] и актуальности данного вопроса.

В результате исследования ФСДЛ [4] было установлено, что ресурс и срок их жизни с использованием филаментов длиной 30 мм составляет всего порядка 132 суток непрерывной эксплуатации, или около 3000 ч непрерывной работы (рис. 1).

Примечательно, что выход из строя ламп фактически произошел при отсутствии заметного снижения светового потока (3–4%). Наблюдаемое резкое снижение светового потока до нуля в течение одних суток приводит к заключению, что прекращение работы всех ФСДЛ используемой модели обусловлено только утечкой гелия. Во многом это указывает на появление разгерметизации в колбе ФСДЛ и полной утечки гелия.

В последующем было проведено испытание ФСДЛ модели DIALL новой конструкции [6]. Через 260 суток сохранялась ее работоспособность при снижении светового потока примерно на 8% при температуре окружающей среды +25...+30 °С (рис. 2). Этот результат, очевидно, достигнут не только благодаря лучшей герметизации колб, но и применению филаментов

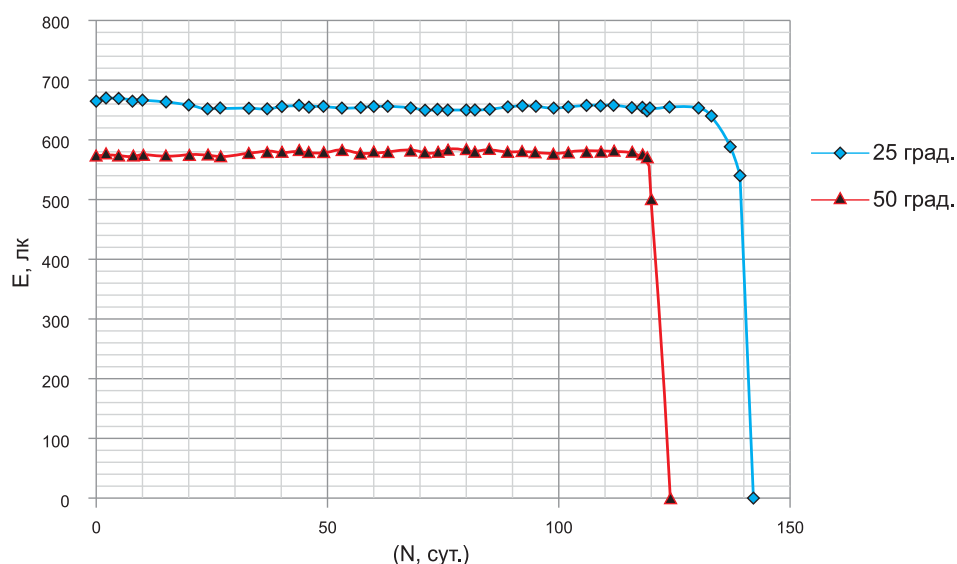


Рис. 1. Характер изменения освещенности, обеспечиваемой ФСДЛ при температуре окружающей среды +25 и +50 °С

с длиной в 1,5 раза больше (45 мм) вместо ранее используемых (30 мм).

При температуре окружающей ФСДЛ среды +45...+50 °С спад светового потока по истечении 260 суток составлял порядка 30%. Следовательно, при таком температурном режиме эксплуатации ресурс ФСДЛ модели DIALL составляет 260 суток, или 6250 ч.

Опубликованные нами в самом начале 2020 года результаты исследований [4], вероятно, навели разработчиков ФСДЛ на мысль о необходимости увеличения длины филаментов. В результате сегодня уже свыше 30% моделей ФСДЛ, реализуемых в торговых центрах г. Казани,

содержат филаменты большей длины (40 мм). Выбор в этих моделях длины филаментов менее 45 мм, видимо, обусловлен осознанным снижением производителями ресурса ФСДЛ и несколько большим технологическим удобством размещения их в колбе [6].

Механическое удаление люминофора с поверхности одного филамента неисправной ФСДЛ позволило установить, что понижение температуры поверхности филаментов и, соответственно, повышение срока их службы достигается за счет увеличения расстояния между светодиодными кристаллами при сохранении общего их количества.

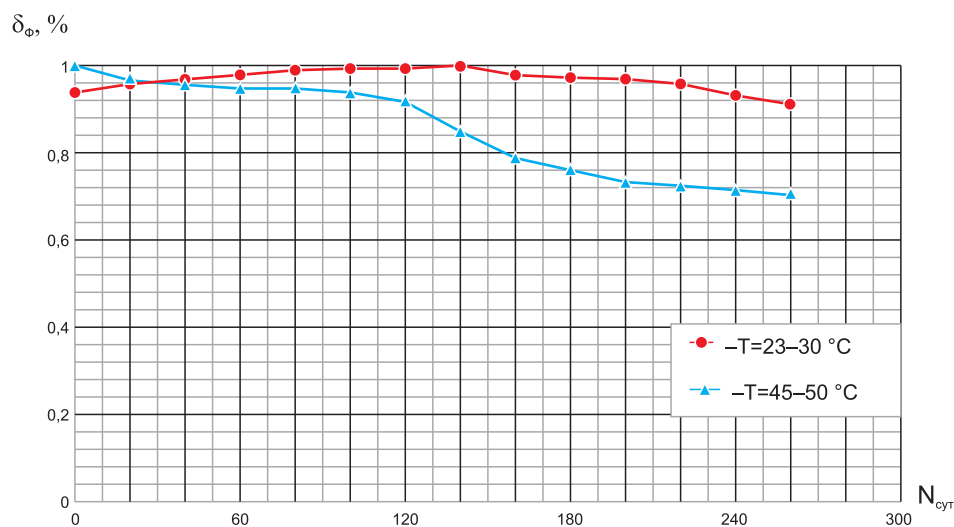


Рис. 2. Характер изменения светового потока ФСДЛ 8 Вт при комнатной и повышенной температуре

Продолжение наблюдения за работой ламп DIALL позволило установить, что продолжительность их свечения ныне уже превышает 900 суток при снижении уровня светового потока соответственно до 10 и 30% относительно исходного в зависимости от температуры окружающей среды. Следует отметить, что при эксплуатации ФСДЛ при повышенной температуре окружающей среды две из трех ламп вышли из строя по истечении 720 и 800 ч соответственно.

Отсутствие резкого спада светового потока на протяжении многих суток испытания ФСДЛ и сохранение их свечения убедительно свидетельствуют о том, что герметизация колбы продолжает сохраняться на должном уровне, а плавное снижение светового потока происходит лишь за счет деградации кристаллов в филаментах. Согласно данным на рис. 2, при повышении температуры воздуха до +40...+50 °С световой поток по истечении 260 суток становится на 24% меньше, чем при комнатной температуре воздуха, что существенно отразится на ресурсе ФСДЛ, эксплуатируемых в закрытых (герметизированных) светильниках.

Выводы

1. Увеличение ресурса филаментной светодиодной лампы достигается за счет снижения температуры филаментов, связанного с увеличением в них расстояния между кристаллами.
2. В результате обеспечения хорошей герметизации стеклянной колбы и мгновенной ее разгерметизации при выходе светодиодной лампы из строя необходимость в контроле утечки гелия из колбы лампы и разработке специального прибора для ее контроля практически отсутствует. ●

Литература

1. Тукшаитов Р., Сулейманова И. Филаментные светодиодные лампы. Аналитический обзор современных источников литературы // Полупроводниковая светотехника. 2018. № 1 (51).
2. Тукшаитов Р. Конфиденциальность газового состава филаментной лампы. Зачем она нужна производителю // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 6 (50).
3. Сулейманова И. И. Роль газовой смеси на основе гелия в обеспечении темпе-

ратурного режима филаментных ламп. В кн. Тинчуринские чтения. Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3 томах. Под ред. Абдуллаязнова Э. Ю. 2018.

4. Тукшаитов Р. Результаты длительного испытания филаментных светодиодных ламп при нормальной и предельно допустимой температуре окружающей среды после демонтажа их колб // Полупроводниковая светотехника. 2020. № 1 (63).
5. Курдюмяков И. С., Строев Н. Н. Устройство для проверки наполненности гелием колбы для светодиодных филаментных ламп. В сб. Радиоэлектроника, электротехническая энергетика. 25-я Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (14–15 марта 2019 г., Москва). Тезисы докладов. М.: Радуга, 2019.
6. Тукшаитов Р., Загидуллин А. О большом ресурсе филаментной лампы новой конструкции DIALL при ее эксплуатации в условиях нормальной и предельно допустимой температуре окружающей среды // Полупроводниковая светотехника. 2021. № 4 (72).