

02;12

Влияние защитного слоя на длительность горения и излучение кварцевых газоразрядных ламп низкого давления

© А.И. Васильев, Л.М. Василяк, С.В. Костюченко,
Н.Н. Кудрявцев, М.Е. Кузьменко, В.Я. Печеркин

ЗАО НПО „ЛИТ“, Москва

E-mail: lit@npo.lit.ru

Московский физико-технический институт, Долгопрудный

Поступило в Редакцию 18 августа 2005 г.

Наличие защитного слоя из оксидов редкоземельных металлов на внутренней поверхности кварцевых колб увеличивает время работы ламп с дуговым разрядом низкого давления в инертных газах и замедляет снижение интенсивности ультрафиолетового излучения амальгамных ламп низкого давления.

PACS: 52.80.Vp

Лампы с дуговым разрядом низкого давления широко применяются для генерации ультрафиолетового (УФ) и видимого излучений. Полезное время работы таких ламп составляет от нескольких сотен часов для спектральных ламп до несколько тысяч часов для ксеноновых и ртутных ламп [1,2]. В процессе работы интенсивность излучения ламп уменьшается. Например, для ртутных стеклянных бактерицидных ламп низкого давления величина интенсивности ультрафиолетового излучения может уменьшиться до 50% от начальной величины примерно после 3500 h работы [2]. Для изготовления мощных бактерицидных ламп используют кварц, так как он имеет более высокую температуру плавления и является более стойким материалом, чем стекло. Интенсивность УФ-излучения кварцевых ламп уменьшается на 50% примерно через 6500 h работы [3]. Для ряда применений, таких как обеззараживание воды УФ-излучением, требуются мощные высокоэффективные бактерицидные лампы с более длительным временем работы и малым спадом интенсивности. Известно, что применение защитного слоя на внутренней поверхности ртутных бактерицидных ламп из увиолевого стекла увеличивает полезное время их работы [4].

Целью настоящей работы является исследование влияния защитного слоя на внутренней поверхности кварца на параметры дугового разряда низкого давления в смеси инертных газов и интенсивность УФ-излучения мощных амальгамных ламп низкого давления.

Исследовались лампы с внутренним диаметром кварцевой трубки 16.6 mm с оксидными триспиральными электродами. Все лампы при изготовлении проходили полный цикл стандартной технологической обработки, включающей в себя высокотемпературную обработку в вакууме, и заполнялись смесью спектрально-чистых инертных газов (неон и аргон). Питание ламп переменным стабилизированным током 1.85 ± 0.1 А с частотой 45 ± 3 kHz осуществлялось от электронных пускорегулирующих аппаратов.

При уменьшении давления инертного газа длительность горения разряда уменьшается от нескольких тысяч часов при давлениях 5–10 Torr до нескольких сотен часов при 1 Torr и до 1 h при давлении 0.3 Torr. Экспериментально установлено, что это время слабо зависит от изменения длины разрядной трубки в несколько раз. Мы предположили, что длительность горения определяется взаимодействием плазмы со стенкой. Для исследования влияния защитного слоя на длительность горения были изготовлены 4 группы кварцевых ламп, по три лампы в каждой группе, длина разрядного промежутка составляла 450 mm, давление смеси аргон-неон — 0.3 Torr. Лампы первой группы были контрольными, а на внутреннюю поверхность кварцевых трубок ламп второй, третьей и четвертой групп был нанесен защитный слой из оксида редкоземельного металла, покрывающий 50, 75 и 100% площади внутренней поверхности ламп соответственно. На рис. 1 приведены усредненные зависимости напряжения на лампе с разрядом в инертных газах от времени для всех четырех групп ламп. Эти кривые имеют два ярко выраженных участка, отличающиеся наклоном. После включения лампы напряжение медленно увеличивается до некоторой критической величины, после чего происходит быстрый рост напряжения, который закончивается самопроизвольным погасанием лампы, поскольку рабочее напряжение на электронном источнике питания ограничено. Повторное зажигание дугового разряда в лампе невозможно. Длительность первого участка минимальна для ламп без защитного слоя и максимальна для ламп, полностью покрытых защитным слоем. Переход от первого участка ко второму для всех ламп происходит при напряжении примерно равном 70 V,

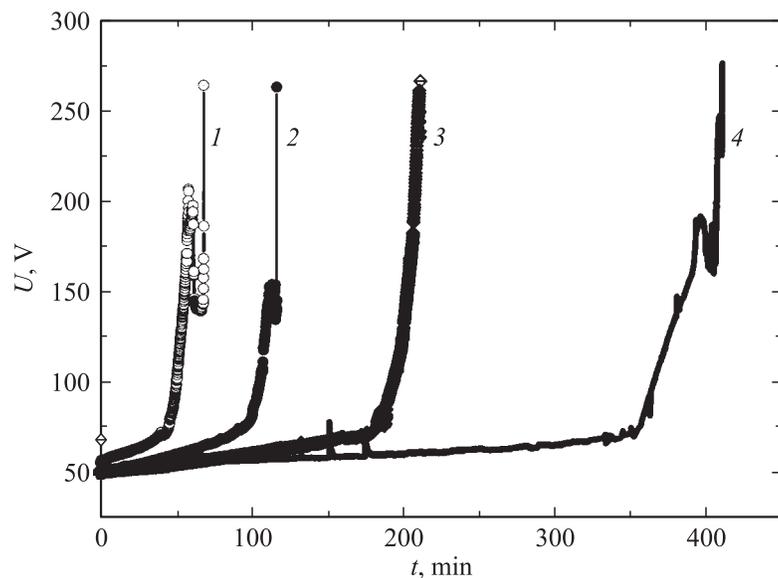


Рис. 1. Зависимости напряжения от времени работы ламп с различной площадью защитного слоя на внутренней поверхности трубки: 1 — 0%, 2 — 50%, 3 — 75%, 4 — 100%.

что соответствует напряженности электрического поля в положительном столбе разряда 1.2–1.3 V/cm. Для проверки предположения, что увеличение напряжения происходит в положительном столбе, была исследована лампа длиной разрядного промежутка 1440 mm без защитного слоя. Для нее мы также наблюдали два характерных участка кривой напряжения, переход от первого участка ко второму также происходил при напряженности поля примерно 1.25 V/cm, а длительности первого участка были равны для ламп с различной длиной разрядного промежутка. Полученные результаты позволяют предположить, что на первом участке медленный рост напряжения ламп определяется влиянием внутренней стенки кварца, контактирующей с разрядной плазмой, на свойства плазмы и, по-видимому, приводит к загрязнению газа продуктами их взаимодействия. Наличие защитного слоя из оксидов редкоземельных металлов на внутренней

поверхности кварцевой колбы лампы уменьшает взаимодействие кварца с разрядной плазмой и увеличивает время работы ламп с разрядом в инертных газах при давлении 0.3 Torr почти на порядок по сравнению с лампами без защитного слоя. Это время в значительной степени зависит от качества защитного покрытия и технологии его нанесения.

Для исследования влияния защитного слоя на интенсивность УФ-излучения ламп с разрядом в парах ртути при длительном горении были изготовлены 6 образцов кварцевых амальгамных ламп с длиной разрядного промежутка 1440 mm. На внутреннюю поверхность кварцевых трубок трех ламп был нанесен защитный слой из оксида редкоземельного металла, прозрачный для УФ-излучения бактерицидного диапазона, а три лампы были изготовлены без слоя. Обе группы ламп были наполнены одной и той же смесью инертных газов до давления 2.0 Torr, источником паров ртути служила амальгама индия, позволяющая получить максимальную мощность УФ-излучения при электрической мощности лампы 240 W. В процессе работы амальгамных ламп измерялись напряжение на лампе, интенсивность УФ-излучения на длине волны 253.7 nm и коэффициент пропускания кварцевых стенок колбы лампы на длине волны 253.7 nm. Точность измерений напряжения составляла 0.5%, относительная погрешность измерений мощности УФ-излучения не превышала 2.5%, коэффициента пропускания — не более 3.5%.

На рис. 2 приведены усредненные по всем лампам из каждой группы зависимости интенсивности УФ-излучения и коэффициента пропускания УФ-излучения от времени работы ламп с защитным слоем и без него. Величина интенсивности УФ-излучения в точке, соответствующей 100 h работы лампы, взята за 100% в соответствии с общепринятым способом оценки снижения интенсивности УФ-излучения люминесцентных и бактерицидных ламп низкого давления [1]. При измерении коэффициента пропускания УФ-излучения за 100% была взята величина коэффициента пропускания воздуха. На рис. 2 видно, что интенсивность УФ-излучения ламп с защитным слоем через 10 000 h горения составляет 80% от начальной, а для ламп без защитного слоя падает до 40%. Следует также отметить, что кривые зависимости УФ-излучения от времени хорошо коррелируют с кривыми зависимости коэффициента пропускания для ламп как с защитным слоем, так и без него. Величина напряжения на всех лампах практически не изменяется

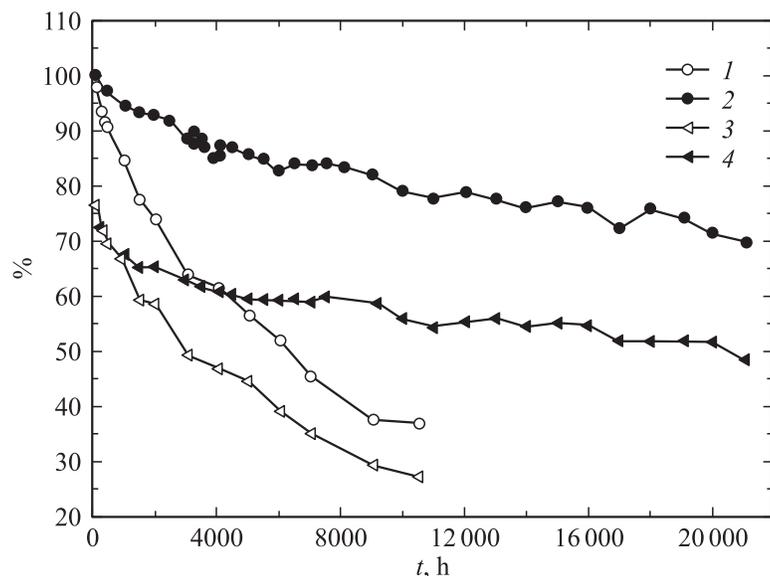


Рис. 2. Зависимости интенсивности УФ-излучения $I, 2$ и коэффициента пропускания кварцевого стекла $3, 4$ от времени работы амальгамной лампы. $1, 3$ — без защитного слоя, $2, 4$ — с защитным слоем.

в процессе работы ламп. Следовательно, можно предположить, что в процессе работы амальгамных ламп с защитным покрытием параметры разряда и плазмы не изменяются, а спад УФ-излучения определяется уменьшением пропускания УФ-излучения стенкой лампы.

Выводы.

1. Наличие защитного слоя из оксидов редкоземельных металлов на внутренней поверхности кварцевых ламп с дуговым разрядом в инертных газах приводит к увеличению времени работы ламп при низком давлении газа.

2. Защитный слой значительно замедляет спад интенсивности УФ-излучения в процессе работы амальгамных ламп низкого давления.

3. Уменьшение интенсивности УФ-излучения обусловлено уменьшением коэффициента пропускания УФ-излучения кварцевой колбой в процессе работы амальгамных ламп.

Список литературы

- [1] *Рохлин Г.Н.* Разрядные источники света. М.: Энергоатомиздат, 1991. 720 с.
- [2] *Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга.* М.: Энергоатомиздат, 1995. 526 с.
- [3] *Васильев А.И., Кастюченко С.В., Печеркин В.Я.* и др. // Изв. РАН. Сер. Физ. 2003. Т. 67. № 9. С. 1310–1313.
- [4] *UK Patent Application GB 2124019 A.*