

Спектральные характеристики светодиодных излучателей и их изменение при воздействии ускоряющих факторов

А.Л. Гурский¹, Н.В. Машедо²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск,

²ОАО «Испытания и сертификация бытовой и промышленной продукции «БЕЛЛИС», Минск

E-mail: gurskii@bsuir.by , n.mashedo@gmail.com

Исследовано соотношение между числовыми значениями фотометрических характеристик (световой поток, коррелированная цветовая температура, индекс цветопередачи) и изменением формы спектра излучения светодиодных излучателей в процессе их старения с целью выявления взаимосвязи фотометрических и спектральных характеристик.

Определение фотометрических параметров и формы спектров излучения светодиодных ламп проводилось как в нормальных условиях в течение 6000 ч (отсчеты через каждые 1000 часов), так и под воздействием ускоряющих факторов: при температуре 50 °С в течение 1000 ч (отсчеты через каждые 250 часов) или при коммутации напряжения питания светодиодной лампы (35000 циклов, один цикл – 30 с, а также 70000 циклов, один цикл – 10 с, отсчеты через каждые 10000 циклов);

Для определения зависимости между составляющими спектра излучения и фотометрическими характеристиками производилось выделение отдельных спектральных полос исходного спектра на основе метода Аленцева-Фока [1], поскольку данный метод позволяет произвести разделение, не делая никаких предварительных предположений о количестве и форме полос. Результаты показали, что исходный спектр излучения состоит как минимум из трех элементарных полос с пиковыми длинами волн 450 нм («синяя» полоса), 530 нм («зеленая» полоса) и 580 нм («оранжевая» полоса). Последние две образуют «желтую» полосу свечения люминофора и не всегда в ней разрешены. При этом в литературе обычно оперируют отношением интенсивностей «синей» и «желтой» полос [2], не принимая во внимание составной характер последней.

В связи с тем, что измеренные спектры излучения не являются абсолютными, произведено интегрирование спектров для введения соответствующей поправки и установления связи с фотометрическими характеристиками (световой поток). Далее исследованы изменения интенсивности отдельных полос исходного спектра и их влияние на фотометрические характеристики. В качестве примера на рисунке ниже приведены зависимости нормированной интенсивности отдельных полос исходного

спектра от времени воздействия (а) и количества циклов коммутации напряжения питания (б) для одного из образцов ламп.

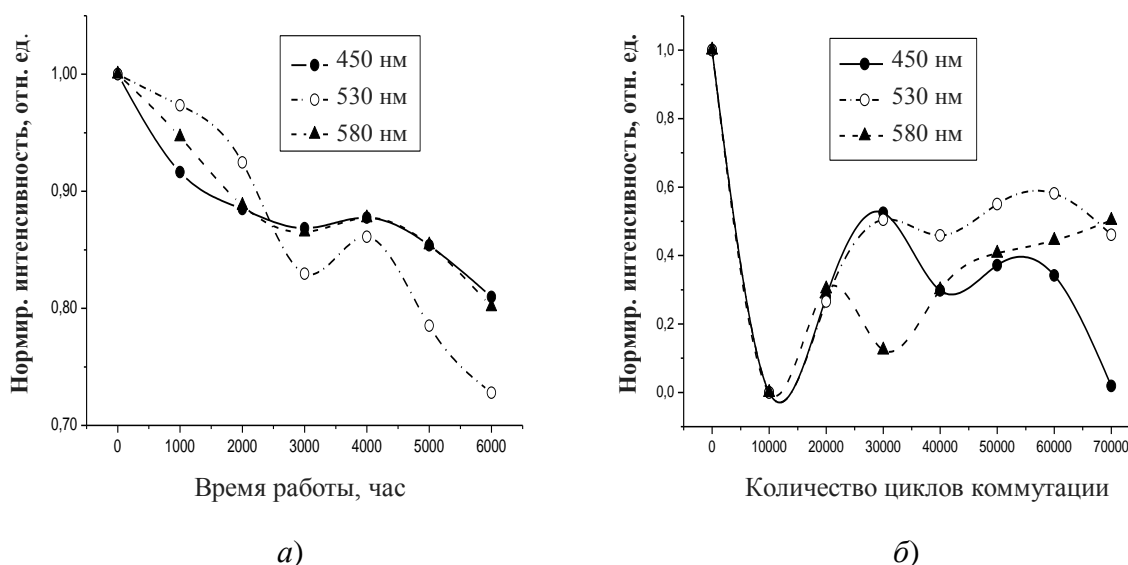


Рис. Зависимости нормированной интенсивности отдельных полос спектров излучения ламп от времени свечения (а) и количества циклов коммутации напряжения питания (б), один цикл – 10 с

Установлено, что в процессе старения при нормальных условиях эксплуатации образцов ламп «оранжевая» полоса повторяет поведение «синей» с небольшим отклонением, а «зеленая» полоса демонстрирует наиболее нестабильный характер и, следовательно, максимально влияет на фотометрические характеристики светодиодного излучателя (Рис. а). Такое поведение спектров носит общий характер для ламп различных производителей, хотя степень проявления эффекта различна. В случае влияния циклов коммутации данный эффект не столь ярко выражен (Рис. б). Считается, что «зеленая» и «оранжевая» полосы соответствуют излучательным переходам между спин-орбитально расщепленными уровнями возбужденного состояния $(5s^25p^6) 5d^1$ и основного состояния $(5s^25p^6) 4f^1$ люминофора на основе $YAG:Ce^{3+}$ [3], при этом полосы соответствуют переходам ${}^2T_{2g} - 2F_{5/2}$ и ${}^2T_{2g} - 2F_{7/2}$ соответственно. Таким образом, имеет место повышенная нестабильность канала излучательной рекомбинации ${}^2T_{2g} - 2F_{5/2}$, причины которой, возможно, связаны с заселенностью нижнего состояния и требуют дополнительного изучения.

1. Фок М.В. // Труды ФИАН. 1972. Т. 59. С. 3–24.
2. Xiao J., Guo Z., Xiao Y. et al. // IEEE Photonics Journal. 2017. 9. 8200911.
3. Yang T.-H., Huang H.-Y., Sun C.-C. et al. // Scientific Reports. 2018. 8. 296.