

## Надежность СД устройств

Бобученко Д.С., Доманевский Д.С., Хорунжий И.А.  
Белорусский национальный технический университет

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, обслуживания, хранения и транспортировки. В данной работе рассмотрены основные концепции надежности, виды и причины отказов светодиодных (СД) устройств.

Конструкция и схема мощного СД приведена на рис.1. СД кристалл электрически присоединен к анодному и катодному выводам, высокотемпературная линза присоединена к пластмассовому корпусу и зазор между ней и линзой заполнен патентованным силиконом. СД кристалл прикреплен к внутреннему тепловому радиатору, обеспечивающему сток тепла. Тепловое сопротивление  $R\theta_{j-slug}$  AlInGaP диода составляет 15-18°C/Вт, InGaN - 8-15°C/Вт.

Отказ – это невозможность выполнять требуемые функции. Для СД наблюдаются катастрофические, если СД совсем не излучает и параметрические отказы, когда световой поток

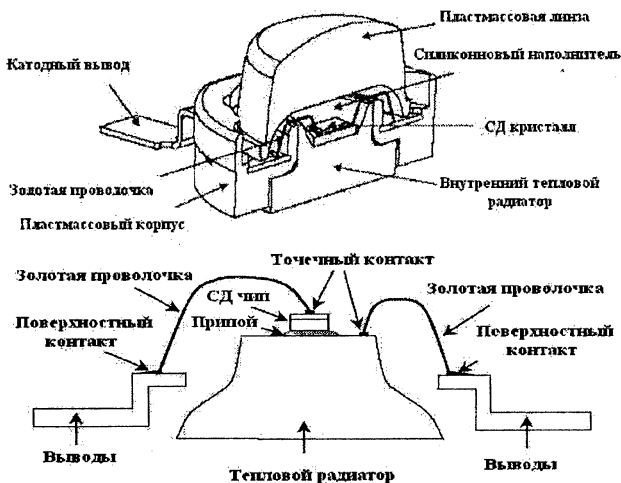


Рис.1. Конструкция и схема мощного СД

уменьшается в 2 раза. Интенсивность отказов – это процент отказов за единицу времени. На рис.2 показана типичная кривая интенсивности отказов от продолжительности работы. Эта зависимость неприменима при нарушении условий эксплуатации. Продолжительность работы любого электронного устройства может быть грубо разделена на три периода с различными значениями интенсивности отказов. Первый период – период выгорания или ранний период. Второй период – период срока службы или период случайных отказов. Третий период – период износа. Самая большая интенсивность отказов наблюдается в первые несколько сотен часов работы. В этот период некачественно собранные устройства прекращают действовать.

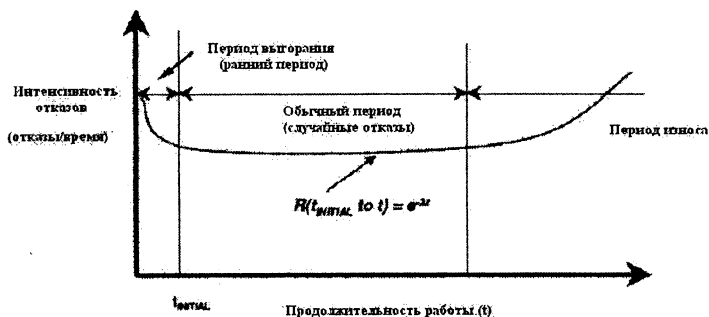


Рис.2. Типичный график интенсивности отказов

Для выявления таких устройств можно провести испытания “Тепловой удар” [стандарт MIL-STD-202:107D; условия: +105°C (10 мин.), -55°C (10 мин.); 10 циклов] и “Механический удар” [стандарт MIL-STD-883; условия: 1500 G; 0,5 мс; 5 ударов; 6 направлений].

В течении второго периода интенсивность отказа является практически постоянной величиной. Происходящие отказы являются случайными и не могут быть предотвращены с помощью каких-либо испытаний. Третий период обусловлен деградацией СД кристалла, естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных норм эксплуатации.

Одним из широко распространенных показателей надежности является “вероятность безотказной работы”  $R(t)$ , т.е. вероятность того, что в пределах времени  $t$  отказа не произойдет. При предположении экспоненциального распределения отказов  $R(t)$  равна:

$$R(t) = \exp(-\lambda t),$$

где  $\lambda=1/\text{MTTF}$  - интенсивность отказов, MTTF – среднее время работы до отказа (mean time to failure). MTTF и  $\lambda$  могут быть определены с помощью испытания “Срок службы”. MTTF равно числу проверяемых устройств умноженному на время испытания деленное на количество отказов (если в течение испытаний отказов не произошло, количество отказов принимается равным 1). Фирма “Lumileds”, выпускающая мощные СД с 1998 года, утверждает, что среднее время работы до отказа выпускаемых ей СД составляет 100-1000 Мчасов при температуре на р-п переходе 80°C.

Во многих случаях существует потребность оценить интенсивность отказов при некоторой температуре на переходе, если известна интенсивность отказов при другой температуре. Эти оценки могут быть сделаны, используя формулу:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \exp \left[ \frac{E_A}{k} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right],$$

где  $\lambda_1, \lambda_2$  – интенсивности отказов при температурах на переходе  $T_1, T_2$  соответственно,  $E_A$  – энергия активации (0,43 эв),  $k$  – постоянная Больцмана. Используя эту модель можно рассчитать интенсивность отказов при высоких температурах. Так при  $T_1=80^\circ\text{C}$ ,  $\lambda_1=10^{-8}$  час<sup>-1</sup>, тепловом сопротивлении 15°C/Вт, мощности 5 Вт и температуре окружающей среды 105°C, среднее время работы до отказа составит 4 Мчасов. Следовательно, испытание “Тепловой удар”, при котором продолжительность нахождения СД при температуре 105°C составляет около часа, существенно не повлияет на дальнейшую работоспособность СД устройства.

Отказы, обусловленные электрическими перегрузками.  
AlInGaP и InGaN СД являются стойкими при пропускании через них прямого тока. Металлические контакты обеспечивают

распространение тока через активную область. Внутреннее сопротивление СД устройства очень мало, меньше чем 1 Ом, и относительно небольшие скачки напряжения приводят к большим скачкам тока проходящим через р-п переход. При этом золотая проволочка действует как плавкий предохранитель. Ее разрушение зависит от амплитуды, длительности и диаметра проволочки. Кроме того, значительные токи приводят к дополнительным тепловым перегрузкам. Поэтому для обеспечения надежной работы СД необходима активная электрическая цепь, поглощающая скачки прямого тока и обеспечивающая прохождение только прямого тока.

Отказы, обусловленные тепловыми перегрузками. Из-за различия коэффициентов теплового расширения разных элементов СД устройства, воздействие высокой температуры может вызвать различные виды отказов. Чрезмерная высокая температура внутри СД может быть обусловлена высокой температурой окружающей среды, нагревом вызванным значительным током и большими величинами теплового сопротивления (из-за плохих тепловых контактов с внутренним и внешним радиатором, СД кристаллом). Воздействие больших температур приводят к разрыву золотых проволочек, расслоению между СД кристаллом и силиконовым покрытием, желтению линзы, растеканию припоя.

Выводы. Для обеспечения надежной работы СД устройств необходимо:

1. Произвести отбраковку некачественных устройств по результатам испытаний “Тепловой удар”, “Механический удар” и измерениям теплового сопротивления.

2. Источники питания СД должны обеспечивать напряжения и ток в пределах допустимых значений, защищая СД от скачков и обратных токов.

3. Внешний тепловой радиатор и его соединение должен эффективно отводить тепло, т.е. коэффициент теплового сопротивления должен быть как можно минимальным.

## **Литература**

1. [www.lumileds.com](http://www.lumileds.com)
2. [www.luxeon.com](http://www.luxeon.com)