

## ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ СВЕТОДИОДОВ НА ОСНОВЕ GaN В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ИСПЫТАНИЙ

© 2016 г. С.Г. ЕХАНИН, А.А. ТОМАШЕВИЧ, С.Л. АРЖАКОВ, К.К. СЛЕПЦОВ

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

В последнее время сверхъяркие светодиоды (СД) на основе GaN активно используются для освещения бытовых, производственных помещений, улиц и рекламных объектов. При этом, СД работают в режимах с высокими плотностями рабочих токов.

Это требует более внимательного отношения к электротепловым режимам светотехнических устройств на основе сверхъярких СД. Тем более, что все эксплуатационные параметры СД температурно-зависимы. С повышением температуры кристалла СД падает квантовая эффективность, изменяется цветовая температура, уменьшается время жизни,

При этом важно знать не столько температуру кристалла, сколько температуру активной зоны и плотность рабочего тока, так как именно от этих параметров в конечном итоге зависит интенсивность деградиционных явлений [1]. Поэтому важно правильно выбрать рабочую плотность тока, так как данный параметр влияет не только на величину температуры активной зоны, но и на интенсивность процессов деградации гетероструктуры.

Целью данной работы является проведение оценки изменения температуры активной зоны от времени испытаний при разных рабочих токах.

### Методика эксперимента

Определение температуры активной зоны СД проводилось косвенным методом с помощью термочувствительного параметра. В качестве термочувствительного параметра использовалось прямое падение напряжения на светодиоде, так как этот метод является наиболее точным [2].

Исследование проводилось на коммерческих светодиодах на основе GaN малой мощности известного производителя NingboForyardOptoelectronics CO., LTD. Светодиоды выполнены в пластмассовых корпусах диаметром 5 мм. Рабочий ток 20 мА.

Измерение вольтамперных характеристик (ВАХ). Проводились в диапазоне температур от 30 °С до 90 °С в негреющем режиме.

Определение зависимости падения напряжения от температуры включает в себя два этапа:

- 1) Калибровочное измерение прямого напряжения в импульсном режиме;
- 2) Измерение прямого напряжения в режиме постоянного тока.

При калибровочных измерениях СД помещают в термостат, в котором производят определение температуры с необходимой точностью. Температура в термостате плавно изменялась в заданном диапазоне (30 °С- 90 °С). ВАХ светодиода, находящегося в термостате, снимают в импульсном режиме через 10 °С-15 °С в диапазоне токов от 1 мА до 80 мА, при этом измерение ВАХ производилось автоматически приблизительно в течение 15 секунд, что обеспечивает высокую точность определения температуры, так как за это время существенного изменения температуры не происходит.

Принцип работы автоматического построителя основан на ступенчатом увеличении тока, протекающего через СД и измерении напряжения, падающего на СД [3].

Длительность импульса тока составляла 1 мс при скважности более 1000, что исключало перегрев за счет джоулева тепла.

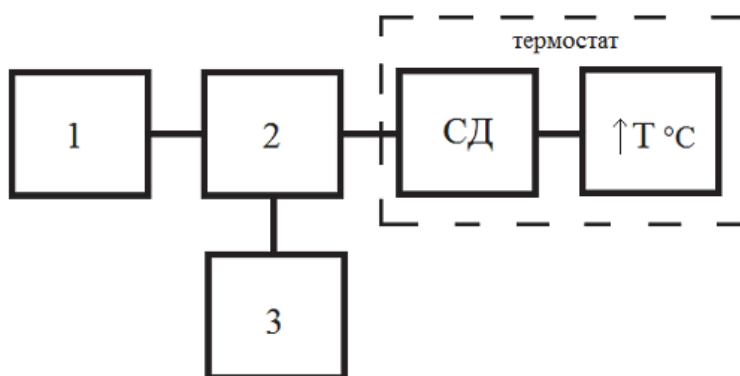


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки для измерения вольтамперных характеристик. 1 – блок питания, 2 – автоматический построитель ВАХ, 3 – персональный компьютер.

Измерения ВАХ светодиодов на втором этапе (в режиме постоянного тока) были проведены с помощью цифровых мультиметров (True RMS Fluke 87V) и блока питания (Mastech NY3003D).

При комнатной температуре с помощью источника питания (изменением напряжения) выставлялось определенное значение тока в диапазоне от 10 до 80 мА, которое определялось с помощью мультиметра.

Через некоторое время, обусловленное временем стабилизации прямого напряжения, полученные данные записывались. Прямое напряжение измерялось вторым мультиметром.

На основе этих измерений и результатов калибровочных измерений определялась зависимость температуры активной зоны при различных значениях прямого тока.

Затем СД ставился на испытание, которое длилось в общей сложности около 52 часов, после чего было произведено повторное исследование по определению температуры активной зоны при различных значениях прямого тока.

### Результаты измерений. Обсуждение

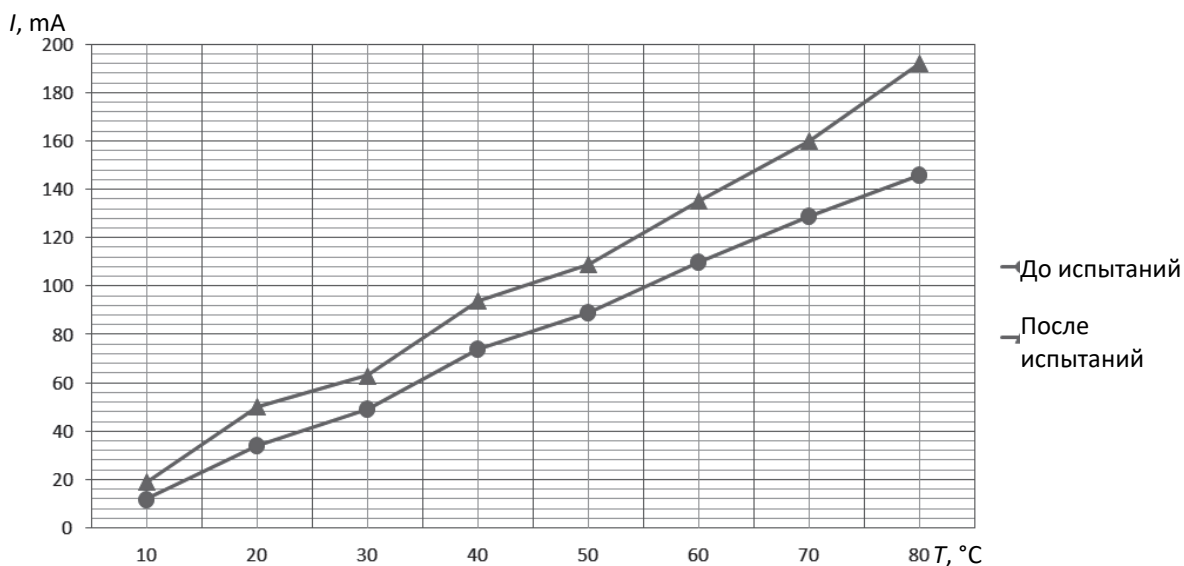


Рис. 2. Графики зависимости температуры активной зоны СИД при различных значениях прямого тока до и после испытаний.

На рис. 2 представлены зависимости температуры активной зоны СД до и после испытания в течение 52 часов, из которых 41 час СД испытывался при рабочем токе 60 мА и 11 часов при токе 75 мА.

Сравнивая зависимости можно сказать, что температура активной зоны после ускоренных испытаний имеет более высокие значения во всем интервале токов и достигает перегрева в 40 °С при токе в 80 мА по сравнению со «свежим» образцом.

Во многих источниках, например [4], указывают на то, что в процессе работы СИД в гетероструктуре формируется электрический диполь. Это приводит к возрастанию токов утечки, а также к временной задержке растекания инжекционного тока и распределения электролюминесценции по площади. Со временем возникает неоднородность инжекции, которая приводит к дополнительному разогреву, возникновению дополнительных механических напряжений и дефектов, а значит и увеличению плотности состояний вблизи гетерограниц. Кроме этого, при длительных испытаниях начинают проявляться процессы электромиграции примеси.

Таким образом, причинами перегрева могло быть следующее:

1) Увеличение концентрации дефектов в процессе испытаний, приводящих к увеличению безызлучательных переходов, а значит, к большему перегреву.

2) Увеличение неоднородности тока по площади СД. Появились каналы утечки (разогреваются по закону  $I^2R$ ), то есть чем больше ток, тем больше перегрев).

### **Выводы**

При ускоренных испытаниях СД на долговечность следует учитывать, что с увеличением времени испытаний может существенно увеличиваться температура активной зоны, а, значит изменяться коэффициент ускорения испытаний.

Учет этих изменения этих параметров позволит проводить более точную оценку долговечности СД при разных плотностях рабочего тока и осуществлять выбор оптимальной нагрузки при заданном значении долговечности.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Полищук А., Туркин А.* Дegrаdация полупроводниковых светодиодов на основе нитрида галлия и его твердых растворов // *Компоненты и технологии*. – 2008. – № 2. – С. 130-133.
2. *Шуберт Ф.* Светодиоды / Пер. с англ.; под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. – М.: Физматлит, 2008. 496 с.
3. *Головизин А.И., Матвеев Д.П.* Автоматический построитель ВАХ СИД // *Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 16-18 мая 2012 г.* – Томск: В-Спектр, 2012: В 5 частях. – Ч. 1. – 320 с.
4. *Бочкарева Н.И.* Неоднородность инжекции носителей заряда и деградация голубых светодиодов / Н.И. Бочкарева, А.А. Ефремов // *Физика и техника полупроводников*. 2006. Т.40, № 1. С. 122-127.