

При промывке специальным моющим средством AlfaNeutra температурный напор между моющим составом и наружной стенкой трубы падает на 5 °С.

Наиболее эффективными реагентами для удаления внутритрубных отложений и характеризующиеся оптимальной стоимостью являются СНР Glanz™ и Трилон Б+Щавельная кислота. При исследовании влияния реагентов на металл труб и соединений были выявлены случаи разъедания металла составом Трилон Б+Щавельная кислота, поэтому при промывке в промышленных объемах энергетического оборудования предпочтительно использовать СНР Glanz™.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 34.37.402-96. Типовая инструкция по эксплуатационным химическим очисткам водогрейных котлов
2. Химическая очистка промышленных котлов <http://www.injsystem.com/energy/cleanboiler/info/>
3. Реагенты для промывки котлов и теплоэнергетического оборудования http://www.industrialwater.ru/reagenty_dlja_promyvki_kotlov_i_teplojenergeticheskogo_oborudovanija/

Научный руководитель: А. В. Лесных, старший преподаватель кафедры теплоэнергетики и теплотехники Дальневосточного федерального университета.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВЫХ НАГРУЗОК СВЕТОДИОДА

О.М.Руденко, П.А.Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Энергетический институт, кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время рынок светодиодной продукции охватывает все больше областей и сфер деятельности человека. Поэтому немаловажным аспектом является изучение работы светодиода. Одним из важнейших показателей является температура перегрева светодиода при максимальных электрических нагрузках. Указанное производителем время работы светодиодов (50000 – 100000 часов) зачастую не соответствует его реальному сроку эксплуатации. Как правило, выход их из строя является следствием перегрузок, коротких замыканий и деформаций [1,2].

Существует достаточно много работ, посвященных исследованию работы светодиода при максимальных токах нагрузки [3-7]. Наибольшее распространение получили экспериментальные установки, например, тепловые камеры [3,6] и численные методы расчета вольт-амперных характеристик [7]. Однако многочисленные эксперименты в этой области не охватывают весь спектр светодиодной продукции. Целесообразно создание комплексных физических и математических моделей теплопереноса, позволяющих выявить влияние максимальных электрических нагрузок на время перегрева светодиода.

Цель работы – математическое моделирование процессов теплопереноса для исследования максимальных импульсных токовых нагрузок светодиода.

ФИЗИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА

Рассматривался типичный светодиод (рисунок 1а). При физической постановке задачи учитывалось протекание тока, превышающего номинальный рабочий в 10-20 раз, через р-п переход. Кристаллик очень быстро нагревается. За счет теплопроводности и излучения основание и оптически прозрачный полимерный корпус (линза), заполненный компаундом,

нагреваются. Степень нагрева кристаллика, основания и фокусирующей линзы возрастает. В соответствии с рисунком 1б рассматривается осесимметричная задача теплопереноса.

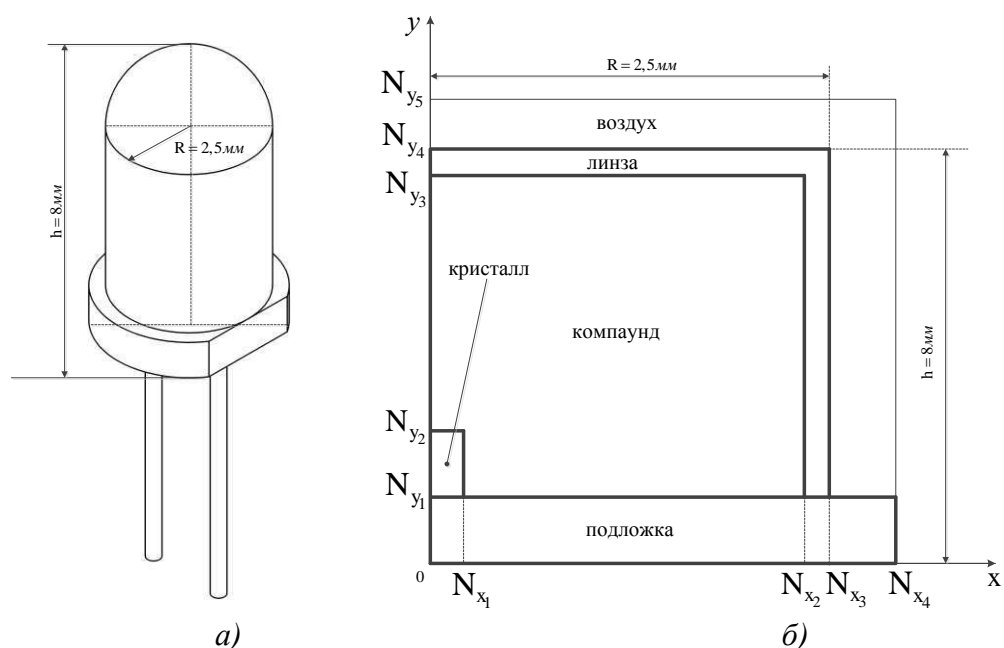


Рис.1. Типичное изображение светодиода (а) и схема области решения задачи теплопереноса (б).

При моделировании не учитывались преломление, поглощение, рассеивание и фокусировка лучей линзой, а также зависимость теплофизических характеристик от температуры. Предполагалось, что пространство внутри линзы заполнено однородной средой – компаундом с постоянными теплофизическими характеристиками.

Главной задачей исследования является установление времени функционирования светодиода при предельных значениях токов.

Математическая модель взаимосвязанных процессов теплопереноса протекающих в системе «подложка – кристаллик – компаунд – линза – воздух» и методика ее решения приведены в [8].

ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Основным объектом исследования считаем область компаунда вблизи кристалла, в которой достигается значение температуры плавления. Для исследования были взяты ток светодиода равный $1A$, напряжение $5B$, подложка из карбида кремния, кристалл из нитрида галлия, силиконовый компаунд и эпоксидная линза. Материалы светодиода взяты из [8]. Теплофизические характеристики выбраны в соответствии с [9,10,11]. Температура плавления компаунда принималась $450K$. Температуры на левой и правой границах составляла $313K$.

В соответствии с рисунком 2 для более детального рассмотрения зоны максимального нагрева компаунда были взяты несколько зон:

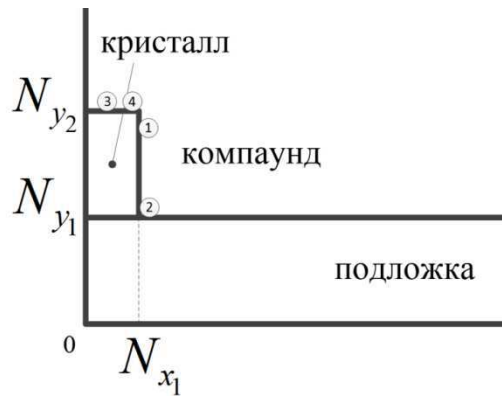


Рис.2. Условное изображение зон максимального нагрева компаунда светодиода

Так как компаунд является важным элементом структуры светодиода (способность пропускать световой поток заданной яркости и цвета), его долговечность и целостность должна сохраняться как можно дольше. Целесообразно исследовать температурное поле компаунда для выявления наиболее уязвимых зон.

В соответствии с рисунком 3 можно сделать вывод о том, что наиболее прогреваемая часть компаунда находится вблизи кристалла светодиода. Несмотря на значительный прогрев кристалла и подложки, они не теряют своих изначальных теплофизических свойств. Линза и большая часть компаунда даже при импульсных кратковременных нагрузках не подвержены нагрузкам. Но даже микрометровые дыры и области деградации способны значительно снизить заявленное время работы светодиода.

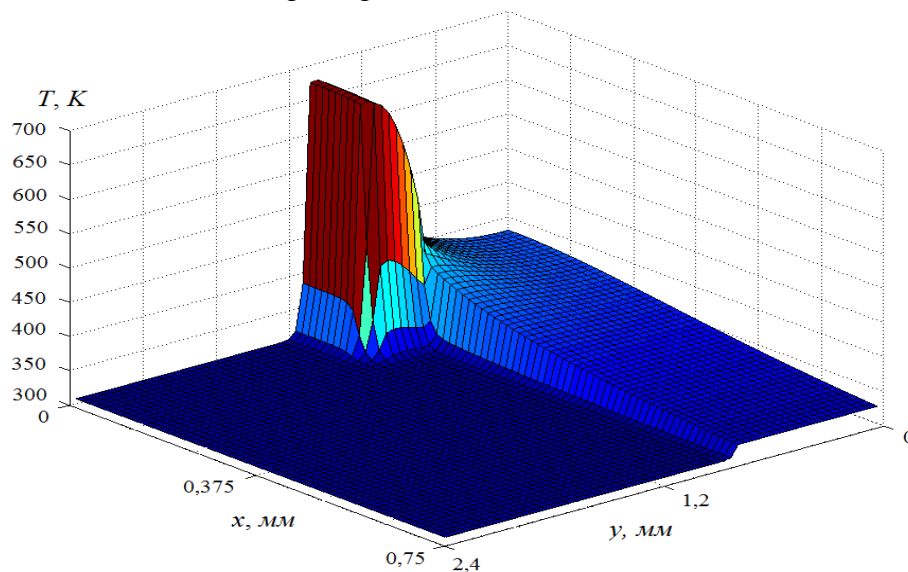


Рис.3. Типичное поле температур в области решения задачи теплопереноса при $t=0,005$ с

В соответствии с рисунком 4 можно сделать вывод о том, что зона «1» прогревается за минимальное время. В этой зоне наибольшая вероятность образования деградация и дыр, что может привести к падению светопропускания и как следствие сокращению времени работы светодиода. В зонах «2» – «4» повышение температуры проходит достаточно быстро, но есть временной запас до критических значений. Необходимо избегать импульсных токов, так как даже при временном интервале в 5-10 мс компаунд может быть поврежден.

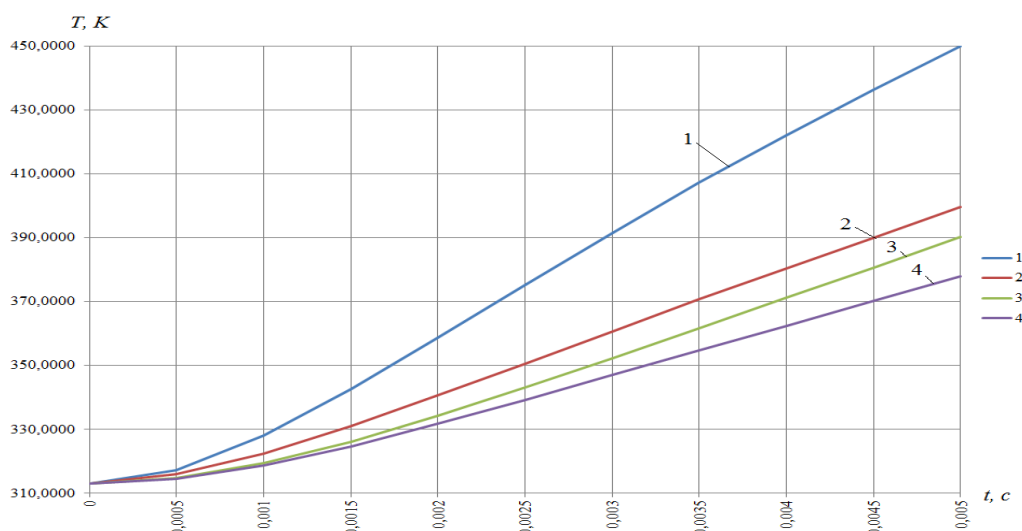


Рисунок 4. Значения температуры в зонах максимального нагрева компаунда светодиода

При изготовлении светодиодной продукции необходимо использовать теплоотводящие материалы или элементы конструкции вблизи зон максимального перегрева при максимальных токах. Данная модель может быть дополнена теплоотводящими компонентами вблизи зон перегрева.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанную физическую и математическую модели можно использовать для определения максимальных токов работы и максимально допустимого времени эксплуатации светодиода при таких перегрузках. Также ее можно применить для выявления наиболее прогреваемых зон любого компонента светодиода (в частности, компаунда) при различных максимальных токах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта государственного задания «Наука» (проект № 2.1321.2014).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Lu G., Yang S., Huang Y. Analysis on Failure Modes and mechanism of LEDs // 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety, 2009. ICRMS 2009. 20-24 July 2009, pp. 1237 – 1241.
2. Meyaard D. S., Cho J., Schubert E. F., Han S.-H., Kim M.-H., Sone C. Analysis of the temperature dependence of the forward voltage characteristics of GaInN LEDs // Applied Physics Letters 103, 121103 (2013)
3. Никифоров С. Г. Температура в жизни и работе светодиодов // Компоненты и технологии. 2005. №9. С 48 – 54.
4. Скрипниченко А. С. Импульсное питание светодиодов CreeXLamp с повышенным током // Полупроводниковая светотехника. 2011. №1. С 16 – 19.
5. Chen H., Keppens A., Hanselaerr P., Lu Y., Gao Y., Zhuang R., Chen Z.. Failure analysis of electrical-thermal-optical characteristics of LEDs based on AlGaInP and InGaN/GaN // Semiconductors. American Institute of Physics, volume 46, pp. 1310-1315.
6. Chang M.-H., Das D., Pecht M. Junction Temperature Characterization of High Power Light Emitting Diodes // IMAPS Mid-Atlantic Microelectronics Conference 2011, 23-24 June 2011 Atlantic City, New Jersey.
7. Сокольников А.В. Определение температуры перехода в гетероструктуре сверхяркого светодиода // А.В. Сокольников, С.О. Игошев, В.В. Траксова; Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fetmag.mrsu.ru/2010-2/pdf/JunctionTemperature.pdf>, свободный (дата обращения : 05.09.2014).

8. Strizhak P. A., Rudenko O. M. Mathematical simulation of heat transfer processes at the maximum possible electrical loads in typical light-emitting diodes // EPJ Web of Conferences 76, 01022 (2014).
9. Touloukian, Y. S., and C. Y. Ho, Eds., Thermal Conductivity of Nonmetallic Solids; Vol. 4, Plenum Press, New York, 1972.
10. Физические величины. Справочник. А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
11. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: ООО «Старс», 2006. – 720 с.