

Михаил Гончаров | mihail.goncharov@office.radioelcom.ru

Тепловые расчеты, или Как не превратить светодиодный светильник в потухший очаг

В настоящее время наблюдается стремительное развитие технологий производства светодиодов, матриц и светильников. Не секрет, что светодиодные светильники надежнее, долговечнее, экономичнее «классических» аналогов. Однако существуют некоторые нюансы производства полупроводниковых осветительных приборов, такие как: трудности с получением «теплых» цветов (впрочем, данная проблема уже решена и представлена целой гаммой различных диодов и матриц), увеличение КПД, так называемый «разгон» элементов и др. (рис. 1). С ростом мощности проектируемого прибора растет и тепловая мощность, рассеиваемая в процессе работы. Особенно это касается «разогнанных» (используемых на повышенных токах и напряжениях) светодиодов: тепловыделение у них выше.

Проблема нагрева светильников — одна из самых основных, поскольку именно поддержка правильного теплового режима обеспечивает надежность всего светильника, долговечность и стабильность его работы. При этом даже у самых эффективных полупроводников светодиодной группы КПД не превышает 30–35%. То есть при электрической потребляемой мощности в 100 Вт только 30–35 Вт (в лучшем случае) «пойдет в свет», а остальное — в тепло. Ранее зачастую охладители для светодиодных светильников выбирались «на глазок» или

только по графикам тепловых сопротивлений профилей. Однако в случае со светильниками применение стандартных профилей-гребенок, на которые есть графики тепловых сопротивлений, зачастую нежелательно, так как охладитель почти всегда несет и функцию корпуса, а значит должен отвечать высоким конструкторским и дизайнерским требованиям. Поэтому в документацию закладываются, как правило, профили, разработанные самим производителем светильников, и на которые, соответственно, нет информации о тепловых характеристиках. В лучшем случае это приводило к необоснованным затратам на охладитель, а в худшем — к изменению спектра света, излучаемого диодом (обычно свет «синел»), после некоторого времени наработки (от месяца до двух лет); реже наступало полное выгорание матриц и дискретных элементов (рис. 2). Коварность неправильного расчета охладителя кроется как раз именно в том, что полупроводниковая структура светодиода не разрушается сразу, поэтому понять, что охладитель подобран неверно, в ходе первичных испытаний чаще всего невозможно: изменение спектра свечения происходит медленно. При этом серийность данного вида устройств очень высокая — тысячи штук. В результате гарантийное обслуживание наносит ощутимый удар по производителю, так как начинается массовый выход из строя светильников всей

серии (например, через год эксплуатации гаснут или «синют» в течение месяца светильники целого микрорайона города).

Решением задачи эффективного теплоотвода и поддержания оптимальных режимов работы светодиодов являются тепловые расчеты (проводимые, например, компанией «РадиоЭлКом»), уже заслужившие доверие у производителей высокоомощной преобразовательной техники и силовой электроники. Компьютерное моделирование позволяет полностью воссоздать температурное распределение и не только ответить на вопрос, «кто виноват», то есть будет ли данный охладитель справляться с теплоотводом в данных условиях, но и «что делать»: специалисты составляют выводы и разъясняют причины прогнозируемых перегрузок и неполадок, а также консультируют производителей светодиодных светильников по вопросам оптимизации и модернизации системы охлаждения. Причем, помимо теплофизических параметров, оптимизация ведется также и по конструкторским решениям, по цене на конечное изделие и технологичности изготовления.

Для проведения расчетов необходимо лишь предоставить небольшую информацию об изделии. Исходные данные представляют собой модель, чертежи или эскизы проектируемого устройства, а также перечень ограничений и начальных условий, таких как температура окружающей среды, максимальные габариты, критические и оптимальные температуры матриц и дискретных светодиодов и т. д. Эти данные имеют индивидуальный характер и сильно зависят от условий эксплуатации будущего светильника, от задач, которые он будет решать, а также от пожеланий производителя как с конструкторской, так и с эстетической точки зрения.

По представленным данным создается оптимизированная для теплового расчета модель светильника, проводится расчет, результаты которого визуализируются и оформляются в удобной для восприятия форме. Данная модель зависит от конкретной системы моделирования. Наиболее распространенные из них — Ansys, Flotherm, SolidWorks Flow Simulation, Ice Pack и др. Так, для импорта модели во Flotherm геометрия разбивается на кубы и треугольные



Рис. 1. Внешний вид поликристаллического светодиода



Рис. 2. Сгоревший светодиод



Рис. 3. Модель светильника

призмы. Это негативно сказывается на точности расчета, но позволяет очень существенно сэкономить время. В системе инженерных расчетов Ansys используется поверхностная сетка из треугольных компонентов, что влечет за собой необходимость контроля детализации геометрической модели (при большом обилии излишне мелких деталей сетка будет слишком густой там, где это совсем не нужно). В большинстве систем подобных расчетов применяется математический метод конечных элементов с применением пространственной сетки, состоящей из кубиков, характеризующих некий кусочек пространства.

После предоставления всех полученных результатов специалисты «РадиоЭлКом» проводят их разъяснения и консультации. Результирующие формы представления могут быть дополнены по желанию производителя светильника. Например, добавление потоковой эпюры наглядно покажет движение воздуха в светильнике, что позволит выявить «слабые места», где воздух просто стоит и вентиляция отсутствует.

На рис. 4 показаны результаты теплового моделирования конкретного светильника, изображенного на рис. 3, созданного на светодиодных матрицах. В общем и целом, температуры не превышают критические. Однако крайняя матрица расположена слишком близко к краю охладителя, что дает ее «перегрев» относительно других элементов. Кроме того, тепловые режимы выдержаны при комнатной температуре окружающей среды, что неприемлемо при выпуске светильников общего назначения: окружающая среда должна быть рассчитана из экстремальных условий +40...+45 °С. Этот светильник скорее всего сгорит, если будет работать летом на улице в 30-градусную жару. Данный тепловой расчет может даже указать порядок выхода из строя светодиодов при повышении температуры окружающей среды. Если бы данный расчет

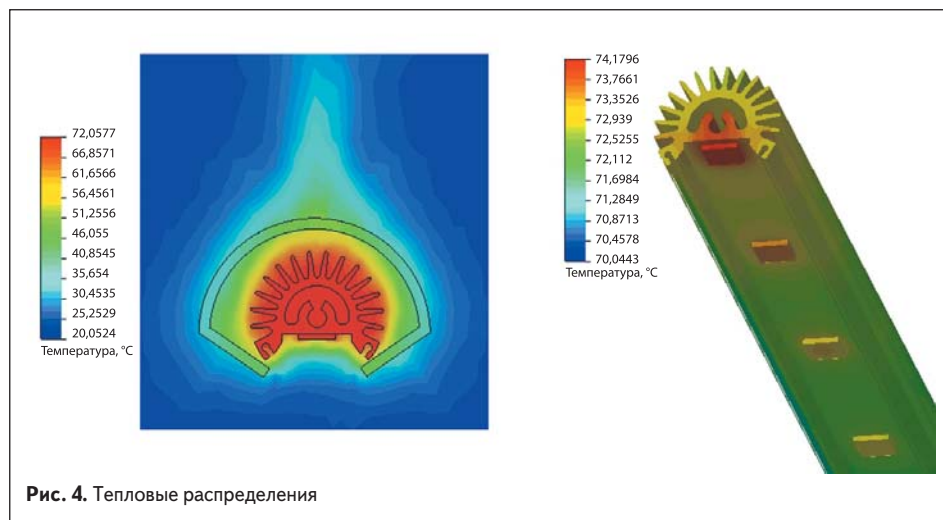


Рис. 4. Тепловые распределения

не был проведен, проект светильника поступил бы на опытное производство и испытания. В лучшем случае пришлось бы решать задачу тепловода заново с еще одним и, возможно, не последним опытным образцом. А если бы испытания проводились зимой в прохладном помещении, могло быть даже запущено серийное производство, и инженерная ошибка вскрылась бы только ближайшим летом в виде массового выхода светильников из строя. Таким образом, тепловой расчет в данном случае уберет производителя от существенных затрат по гарантийной замене неправильно спроектированных светильников.

Точность результатов тепловых расчетов подтверждают многочисленные опытные и серийно выпускаемые изделия как силовой электроники, так и полупроводниковой светотехники. Полученные данные чаще всего проверяют на стендах и опытных образцах, начиная с простого размещения температурных датчиков в наиболее интересующих точках поверхности охладителей (обычно рядом с матрицами или дискретными светодиодами) и заканчивая получением полных температурных картин теплового распределения с помощью тепловизоров. Таким образом, чтобы спроектировать оптимальный светильник, будет достаточно уже только одного опытного образца, да и то большей частью для демонстрации изделия инвесторам, чем для непосредственно решения задачи, поскольку тепловые расчеты полностью исключают так называемый «метод научного тыка», заменяя подбор охладителя его вычислением.

Проведение тепловых расчетов решает три основные задачи: проверка работоспособности светильника; инженерная оптимизация (упрощение конструктива и повышение технологичности производства без потери температурных режимов); экономическая оптимизация (снижение стоимости конечного изделия, а также стоимости его проектирования за счет уменьшения количества необходимых опытных образцов до минимума).

Таким образом, проведение теплового расчета позволяет:

- выявить превышение критических температур без проведения многочисленных

экспериментов и производства опытных образцов (испытания которых не всегда выявляют долговременные последствия эксплуатации) и тем самым предупредить преждевременный выход из строя светильника;

- повысить эффективность и продолжительность работы светодиодных светильников;
- снизить издержки на проведение гарантийного ремонта светильников;
- снизить стоимость конечного светильника за счет оптимизации конструкции охладителя;
- предотвратить будущие гарантийные издержки, вызванные ошибками в проектировании тепловода.