

Научная статья
УДК 628.97

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОТВОДА ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Вилия Равильевна Иванова¹, Риназ Раисович Сафин²

^{1,2} Казанский государственный энергетический университет,

Казань, Россия

¹ vr-10@mail.ru

² rinaz.safin@yandex.ru

Аннотация. В статье представлено описание основных процессов, протекающих в полупроводниковых источниках света при повышенной температуре кристалла, указаны приоритетные способы увеличения теплоотвода, представлен перечень основных типов радиаторов, указана необходимость описания параметров пусковых токов у световых устройств в инструкции к эксплуатации.

Ключевые слова: светодиод, радиатор, температура, запрещенная зона, устройство управления

Для цитирования: Иванова В. Р., Сафин Р. Р. Об актуальности применения теплоотвода для светодиодных источников света // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 568–571.

Original article

RELEVANCE OF HEAT SINK APPLICATION FOR LED LIGHT SOURCES

Viliya R. Ivanova¹, Rinaz R. Safin²

^{1,2} Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

¹ vr-10@mail.ru

² rinaz.safin@yandex.ru

Abstract. The article presents a description of the main processes occurring in semiconductor light sources at elevated crystal temperature, indicates priority ways to increase heat dissipation, provides a list of the main types of heat sinks, indicates the need to describe the parameters of inrush currents in light devices in the instruction for use.

Keywords: LED, heat sink, temperature, forbidden zone, control device

For citation: Ivanova V. R., Safin R. R. (2025) Ob aktualnosti primeneniya teplootvoda dlya svetodiodnyh istochnikov sveta [Relevance of heat sink application for led light sources]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 568–571. (In Russ).

В последнее время наблюдается бурное развитие полупроводниковых источников света. Высокотехнологичный процесс производства светодиодных кристаллов позволил создать светодиоды (СД) белого свечения, на основе которых разрабатываются и применяются световые устройства для общего освещения.

Толщина кристаллов СД варьируется от нескольких микрометров до сотых долей микрометра, при этом их изготовление требует чистоту и качество исходных материалов, а в последующем тщательность сортировки по параметрам (бинирование). Все это позволяет создавать качественные устройства на основе светоизлучающих диодов. К основным достоинствам этих устройств стоит отнести устойчивость к механическим воздействиям, безынерционное включение, разнообразие и чистота цветов, экологическая чистота, удобство и простота управления интенсивностью светового потока. Перечисленные преимущества способствует увеличению применения мощных и сверхмощных СД, а светодиодному рынку расти каждый год на 15 %.

В то же время не только использование качественного кристалла позволит обеспечить длительный срок службы СД, но еще одним важным условием является поддержание благоприятного теплового режима при эксплуатации полупроводниковых источников света. Так, в нормальных условиях 3/4 подводимой энергии преобразуется в тепло и лишь 1/4 в световое излучение.

Обеспечение эффективного отвода тепла является основной задачей при изготовлении устройств на основе светодиодов, так как кристалл СД чрезвычайно чувствителен к перегреву. В момент нагрева наблюдается неравномерное распределение тепла на кристалле, в местах, где уровень нагрева выше возникает механическое напряжение и происходит быстрее ухудшение свойств кристалла [1]. Последнее ведет к падению световой отдачи СД.

Влияние температуры на работу светодиода может быть как внешним, так и внутренним, когда происходит нагрев кристалла. Принцип работы СД связан с протеканием электрического тока через *p-n*-переход, при повышении нагрева наблюдается уменьшение ширины запрещенной зоны в полупроводнике, где происходит рекомбинация носителей заряда. Уменьшение

ведет к нарушению параметров рекомбинации и тем самым приводит к изменению светотехнических характеристик СД. Помимо влияния на кристалл, повышенная температура также влияет на срок службы люминофора. Так, из-за перегрева наблюдается снижение эффективности излучения, характеристик светового потока, яркости, при этом происходит деградация люминофора.

Такой фактор, как значение тока, играет большую роль при эксплуатации светодиодных устройств, поэтому питание устройств нужно обеспечивать при значении тока ниже максимального на 5–7 %. Однако во время включения световых устройств на основе светоизлучающих диодов происходит переходной процесс, который сопровождается высоким значением импульсного входного тока по сравнению с его рабочим значением. В этот момент происходит запуск работы драйвера, а именно зарядка его емкостных элементов (около 1 мс), запуск схемы драйвера и стабилизация тока светового устройства (до 1 с) [2]. Повышение пусковых токов наблюдается и у маломощных светодиодов в разы. Наличие таких значений тока также неблагоприятно сказывается на работе светодиодных устройств. Поэтому в целях уменьшения параметров пускового тока и контроля переходных процессов требуется определить требования к исполнению схематических решений драйвера и к системам управления освещения и защиты. Также есть необходимость приводить описание параметров пусковых токов у световых устройств в инструкции к эксплуатации.

При конструировании световых устройств необходимо это учитывать, поэтому производители применяют различного вида радиаторы. Такие приспособления заметно увеличивают время наработки устройств. В качестве радиаторов используют алюминиевые профили, корпус светильника, в целях уменьшения теплового сопротивления применяют теплопроводящую пасту или клей. К основным материалам для изготовления радиаторов относятся алюминий, медь, полимеры [3]. Также радиаторы классифицируются по принципу действия, к ним относятся активные радиаторы, в которых используют вентилятор; пассивные радиаторы, предназначенные для рассеивания тепла; гибридные радиаторы сочетают в себе традиционные металлические материалы радиатора с дополнительными элементами (тепловые трубки, испарительные камеры и т. п.); холодные тарелки из алюминия и меди; штыревые радиаторы используют штифты для лучшего рассеивания тепла; пластинчато-ребристые радиаторы, основным преимуществом такого типа является наличие высоких тепловых характеристик; экструдированные радиаторы обеспечивают экономичное решение для отвода тепла; склеенные ребристые радиаторы обладают пониженным значением термического сопротивления. Таким образом, радиаторы создают комфортные условия для функционирования устройств и продлевают им срок службы.

Создание светодиодного светильника – это многогранная инженерная задача, которая включает в себя решение оптических, электрических и температурных аспектов. От каждой из этих задач зависит в конечном итоге качество и световой комфорт.

Список источников

1. Никифоров С. Температура в жизни и работе светодиодов // Компоненты и технологии. 2005. № 9 (53). С. 48–54. EDN MTFHZL.

2. Электронный ресурс. URL: <https://www.ltcompany.com/blog/nauka/kak-uchest-puskovoy-tok-svetodiodnykh-svetilnikov> (дата обращения: 25.11.2024).

3. Электронный ресурс. URL: https://www.ledyilighting.com/ru/led-heat-sink/#Types_of_LED_Heat_Sinks (дата обращения: 25.11.2024).