

УДК 621:382

В.С. Лукаш, М.А. Романова, С.В. Смирнов

Тепловой режим приборных светодиодных ламп ЛПМ 26

Приведены результаты исследований теплового режима приборных светодиодных ламп ЛПМ 26 в диапазоне температур от 20 до 120 °С. Показано, что температура светодиодов в лампе определяется, как тепловыми процессами в активной области кристаллов, так и тепловыделением в интегральном стабилизаторе тока и балластном резисторе, что приводит к возникновению перегрева светодиодов на 25–30 °С выше, чем температура корпуса лампы.

Ключевые слова: светодиодная лампа, температура, полуширина спектра излучения, стабилизатор тока.

doi: 10.21293/1818-0442-2016-19-1-111-113

Светодиодные лампы ЛПМ 26 производства ОАО НИИПП (г. Томск) предназначены для использования в транспортных средствах взамен ламп накаливания МН 26-0,12. Основные параметры лампы: напряжение питания 26 В, потребляемый ток 20 мА, световой поток 12 лм, температура эксплуатации от –40 до +60 °С. Кроме того, по цветовой температуре они подразделяются на лампы «холодного» и «теплого» света. При практически одинаковых светотехнических параметрах с лампами накаливания светодиодная лампа имеет малую потребляемую электрическую мощность и прогнозируемый средний срок службы до 50000 ч, в то время как у ламп накаливания он не превышает 2000 ч. Но реальный срок службы светодиодной лампы зависит от рабочей температуры кристаллов, которая не должна превышать 115 °С. Поэтому важной задачей является определение максимальной температуры кристаллов светодиодов при предельной рабочей температуре корпуса в +60 °С.

Конструкция светодиодной лампы по дизайну, габаритным и присоединительным размерам идентична МН 26-0,12 (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид приборных светодиодных ламп ЛПМ 26

Светорассеивающее тело лампы изготовлено из кремнийорганического компаунда с добавлением кварцевого порошка. Внутреннее устройство лампы (рис. 2) представляет собой трехкристальный светодиодный модуль (D_1 , D_2 , D_3) на основе светодиодов типа NESL 157F-H3 фирмы Nichia на плакированной плате из сплава алюминия, стабилизатор тока (A) в интегральном исполнении типа LM-317Lz, балластный резистор (R) и диодный мост. На этом же рисунке представлена и электрическая схема лампы.

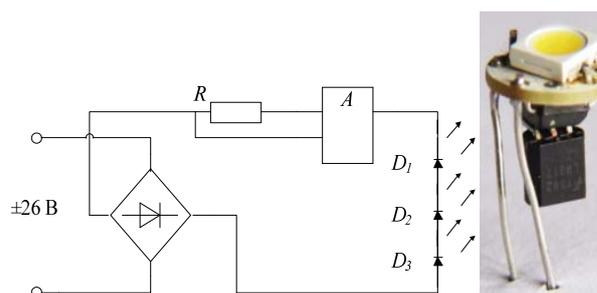


Рис. 2. Электрическая схема лампы и её внутреннее устройство

Так как величина подаваемой электрической мощности достаточно велика и составляет 0,52 Вт, то одной из главных проблем при эксплуатации светодиодных ламп является обеспечение оптимального теплового режима [1, 2]. Это связано с сильной зависимостью всех параметров лампы, а в особенности величины светового потока и срока безотказной работы изделия от температуры.

Суммарный нагрев лампы обусловлен выделением тепла как в светодиодном модуле, так и в стабилизаторе и балластном сопротивлении. Исходя из паспортных данных и величины рабочего тока, распределение выделяющейся тепловой мощности следующее [1]:

- 320 мВт на стабилизаторе напряжения LM317Lz;
- 25 мВт на балластном резисторе;
- 120 мВт на светодиодном модуле.

Итого суммарная тепловая мощность составляет 465 мВт, остальная электрическая мощность (55 мВт) излучается в виде света. Все выделяющееся тепло отводится через цоколь и байонет патрона В10d, а также поверхность корпуса лампы в окружающую среду.

Исходные данные для теплового расчета методом электротепловой аналогии следующие [2]:

- тепловое сопротивление стабилизатора LM317Lz в корпусе ТО-92 составляет 100 °С/Вт;
- тепловое сопротивление балластного резистора на плакированной алюминиевой плате имеет величину 50 °С/Вт;
- тепловое сопротивление светодиодного модуля на основе светодиодов NESL 157F-H3 составляет 60 °С/Вт.

Тепловой расчет проведен по стандартной методике [1]. Общее тепловое сопротивление лампы, размещенной в стандартном патроне типа B10d от активной области кристалла ($p-n$ -перехода) центрального светодиода до корпуса патрона, при комнатной температуре составляет $75\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Исследования теплового режима лампы проводили в диапазоне температур от комнатной до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Измерения температуры кристаллов проводили бесконтактным методом, путем регистрации уширения спектра излучения светодиодов на уровне 0,5 от максимального значения при постоянном рабочем токе и последующего сравнения с уширением спектра при том же значении тока, но в импульсном режиме при длительности импульсов 1 мкс и частоте следования 1000 Гц [4–5]. Фотометрические измерения проводили с помощью спектрометра AVAS-рес-2048-USB-2. Результаты измерений представлены на рис. 3.

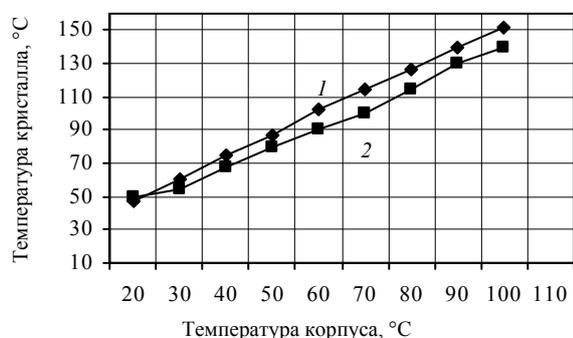


Рис. 3. Зависимость температуры кристалла от температуры корпуса: 1 — лампа «теплого света»; 2 — лампа «холодного света»

Измерения температуры корпуса стабилизатора проводили контактным способом с помощью микротермопары. По результатам эксперимента было установлено, что перепад температур кристалл — корпус увеличивается с ростом температуры окружающей среды. Из зависимостей следует, что температура кристалла в светодиодной лампе «теплого» света выше, чем в лампе «холодного» света, что связано с дополнительным выделением тепла в люминофорном покрытии [6]. Увеличение температуры кристалла приводит к снижению светового потока лампы. Это обусловлено несколькими причинами, основной из которых является увеличение температуры нагрева $p-n$ -перехода, связанное с уменьшением в процессе испытаний внутренней и внешней квантовой эффективности и увеличением, за счет этого, выделяющегося в кристалле тепла. Повышение температуры корпуса оказывает влияние на изменение величины не только внешнего квантового выхода, но и на цветовую температуру лампы в сторону её увеличения.

Так как электропитание светодиодной лампы в транспортном средстве может осуществляться как от аккумулятора, так и от генератора, то напряжение на электродах лампы может изменяться в достаточно

широких пределах. Стабилизатор тока на основе LM317Lz обеспечивает поддержание тока на светодиодах величиной 20 мА при колебаниях напряжения от 16 до 30 В. При этом тепловая мощность, выделяющаяся в светодиодном модуле, остается постоянной, но изменяется мощность рассеяния на стабилизаторе тока, за счет чего происходит повышение температуры всей конструкции лампы. На рис. 4 представлены полученные экспериментально зависимости температуры кристаллов светодиодов и корпуса лампы от величины питающего напряжения.

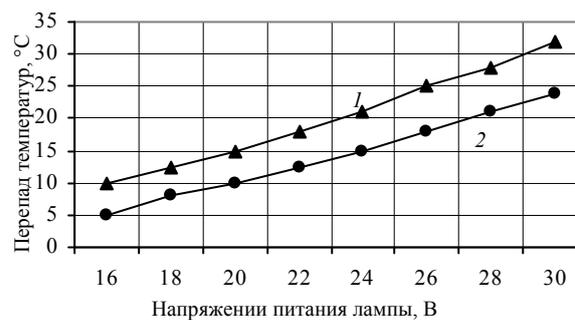


Рис. 4. Зависимость температуры светодиодов (1) и температуры корпуса (2) от величины питающего напряжения

Из зависимостей следует, что тепловая мощность, выделяющаяся в стабилизаторе тока, оказывает определяющее влияние на тепловой режим светодиодного модуля и при номинальном напряжении 26 В приводит к дополнительному росту его температуры на $15\text{--}18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, установлено, что при температуре корпуса лампы ЛПМ 26 $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура кристаллов не превышает предельно допустимого значения $+115\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволяет прогнозировать их бесперебойную работу до 50000 ч.

Литература

1. Управление тепловым режимом светодиодных ламп // А. Мотойа, М. Каи, И. Манабе, С. Шидо // Полупроводниковая светотехника. — 2011. — №4(12). — С. 43–45.
2. Дохтуров В.В. Контроль теплового режима кристаллов в светодиодных лампах / В.В. Дохтуров, С.В. Смирнов // Полупроводниковая светотехника. — 2012. — № 5(19). — С. 94–95.
3. Пат. 2538070 РФ, МПК G01 R31/265 G01 K 7/00 Способ бесконтактного определения неравномерности температурного поля в полупроводниковых источниках света / С.В. Смирнов (РФ), Е.В. Саврук (РФ), Ю.С. Гончарова (РФ). — № 2013133512/28; заявл. 18.07.2013; опубл. 10.01.2015. Бюл. № 1.
4. Пат. № 116693 РФ, МПК H 01 L 33/00. Устройство для измерения температуры полупроводниковых источников света в осветительных устройствах / С.В. Смирнов (РФ), Е.В. Саврук (РФ), Ю.С. Гончарова (РФ). — № 2011151030/28; заявл. 14.12.2011; опубл. 27.05.2012. Бюл. № 15.
5. Гончарова Ю.С. Спектральный метод бесконтактного измерения температуры кристаллов полупроводниковых источников света / Ю.С. Гончарова, М.А. Романова, С.В. Смирнов // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. — 2015. — № 2(36), ч. 2. — С. 38–40.

6. Дохтуров В.В. Влияние локализации тепловыделения на тепловое сопротивление мощных полупроводниковых источников света / В.В. Дохтуров, С.В. Смирнов, Ю.С. Гончарова // Полупроводниковая светотехника. – 2013. – № 3(23). – С. 18–19.

Лукаш Виталий Сергеевич

Канд. физ.-мат. наук, нач. лаборатории ОАО НИИПП
Тел.: 8-913-840-09-24
Эл. почта: lukash_vs@niipp.ru

Романова Мария Андреевна

Ст. преподаватель каф. электронных средств
автоматизации и управления ТУСУРа
Тел.: 8-913-118-26-68
Эл. почта: rma-rda@yandex.ru

Смирнов Серафим Всеволодович

Д-р техн. наук, профессор каф. физической электроники
ТУСУРа
Тел.: 8-909-540-86-23
Эл. почта: serafim.smirnov@mail.ru

Lukash V.S., Romanova M.A., Smirnov S.V.

Thermal conditions of the instrument LED bulbs LPM 26

The results of investigations on the thermal conditions of the LED lamps LPM 26 in the temperature range from 20 to 120 °C. It is shown that the temperature of the LEDs in the lamp at 25–30 °C higher than the temperature of the lamp casing.

Keywords: LED lamp, temperature, radiation spectrum, width of the radiation spectrum.