

Рисунок 4 – Зависимость выходной мощности от размеров пучков накачки и генерации

1. Modeling of Laser-Pumped Tm and Ho Lasers Accounting for Upconversion and Ground-State Depletion/ G. Rustad, K. Stenersen// IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 32, No. 9, 1996.
2. Багаев, С.Н. Спектроскопия и лазерная генерация моноклинных кристаллов

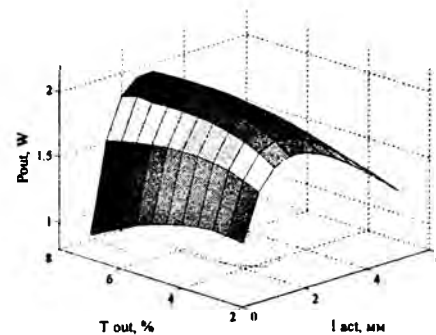


Рисунок 5 – Зависимость выходной мощности от длины активного элемента и пропускания выходного зеркала

- KY(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:Tm / С.Н. Багаев, С.М. Ватник, А.П. Майоров, А.А. Павлюк, Д.В. Плакушев// Квантовая электроника, 30, №4, 2000.
3. Troshin, A.E. Spectroscopy and laser properties of Tm<sup>3+</sup>:KY(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> crystal / A.E. Troshin, V.E. Kisel, A.S. Yasukevich, N.V. Kuleshov[et al.] // Appl. Phys. – 2007. – 2007. – P. 287-292.

УДК 621.382

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ СВЕТОДИОДОВ В СОСТАВЕ СВЕТИЛЬНИКА

Доманевский Д.С.<sup>1</sup>, Хорунжий И.А.<sup>1</sup>, Бумай Ю.А.<sup>1</sup>, Куклицкая А.Г.<sup>1</sup>, Трофимов Ю.В.<sup>2</sup>, Цвирко В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Республиканское научно-производственное унитарное предприятие «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь

При разработке и производстве светодиодных осветительных устройств большой интерес представляет оценка их надежности и долговечности. Время работы светодиодов, используемых для освещения, как правило, оценивается в десятки тысяч часов [1], поэтому проверка длительности работы светодиодного осветительного устройства путем обычных испытаний путем измерения времени его работы до выхода из строя представляется проблематичным. Необходимы новые, требующие существенно меньшего времени, методы оценки надежности и долговечности светильников. Одним из подходов, позволяющих решить данную задачу, является компьютерное моделирование тепловых процессов в осветительном устройстве и оценка на основе рассчитанных значений температуры времени жизни светодиодов. Кроме того, детальное изучение температурных полей и распределений тепловых потоков внутри светильника может быть полезным при оптимизации конструкции этих устройств.

В данной работе представлена компьютерная модель светодиодного модуля ДБО-31-15-801 производимого заводом электротехнических изделий (г. Лида, РБ) и некоторые результаты моделирование тепловых процессов в нем. Светодиодный модуль, произведенный в Лиде, представляет собой матрицу из 15 светодиодов, расположенных в три ряда по пять светодиодов в каждом. Размер монтажной платы, на которой собран светодиодный модуль, составляет 186×57×1 мм<sup>3</sup>. Материал платы – стеклотекстолит, фольгированный с одной стороны. Светодиоды одинаковые, средняя потребляемая мощность каждого светодиода составляет ~ 280 мВт (максимальное отклонение от среднего значения мощности не превышало 2,8 %). Светодиоды установлены на теплоотводящих п-образных выводах выступая над поверхностью платы примерно на 2 мм. Одна пара выводов – катодные (шириной по 3 мм, толщиной 0,5 мм и высотой 3 мм), другая пара – анодные (шириной по 0,5 мм, толщиной 0,5 мм и высотой 3 мм). Внешний вид

монтажной платы, сгенерированный компьютерным пакетом ANSYS представлен на рисунке 1. На обратной стороне платы установлено три балластных сопротивления. Суммарная тепловая мощность балластных сопротивлений ~ 340 мВт. Т.к. балластные сопротивления одинаковые, то мощность каждого из них составляет примерно 113,3 мВт. Внешний вид платы со светодиодами, сгенерированный программой, представлен на рисунке 1.

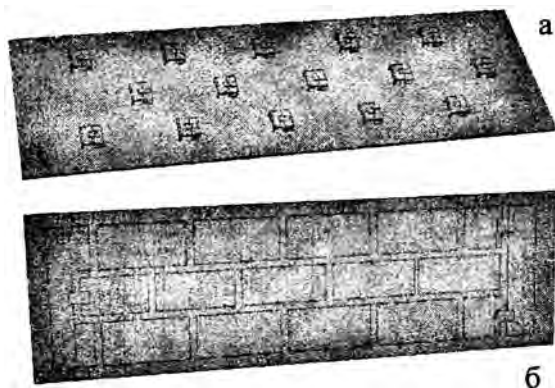


Рисунок 1 – Внешний вид платы светодиодного модуля, сгенерированный программным пакетом ANSYS (а – фронтальная сторона, б – обратная сторона)

В компьютерной модели полагалось, что вся тепловая мощность, выделяемая устройством, состоит из тепла выделяемого светодиодами ~ 70% электрической мощности, потребляемой светодиодами и тепла выделяемого в балластных сопротивлениях. Отвод тепла от платы и светодиодов осуществляется двумя механизмами: 1) нагреванием окружающего воздуха и конвекцией, 2) тепловым излучением. Температура окружающей среды при этом полагалась равной комнатной температуре 20°C, что соответствует условиям экспериментального измерения температуры на светодиодной плате, извлеченной из корпуса. Конвективный теплообмен моделировался законом Ньютона для теплопередачи:

$$J = \alpha \cdot (T - T_0), \quad (1)$$

здесь  $J$  – плотность потока тепла с поверхности,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, определяемый по методике, изложенной в [2]. Для платы указанных размеров  $\alpha = 6,157 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Некоторые результаты компьютерного моделирования процессов теплообмена в светодиодном модуле приведены на рисунках 2 и 4. Следует отметить хорошее совпадение рассчитанных значений температуры (рис. 2) с экспериментальными значениями, которые приведены на рисунке 3 и получены с использованием термографа ИРТИС-2000. На термограмме маркерами отмечены значения темпера-

туры на излучающей поверхности СИД в градусах Цельсия.



Рисунок 2 – Полученное методом компьютерного моделирования распределение температуры по фронтальной поверхности платы светодиодного модуля при работе в стационарном режиме



Рисунок 3 – Термограмма светодиодного модуля производства завода электротехнических изделий, г. Лида. (ИРТИС-2000МЕ). Фронтальная поверхность

Расхождения между значениями температуры, измеренными экспериментально и рассчитанными методом компьютерного моделирования, составляют менее одного градуса, т.е. составляют величину сопоставимую с погрешностью измерений.

Проведенные расчеты показали, что стационарный тепловой режим для исследуемой светодиодной сборки устанавливается примерно за 20 минут, после чего изменения температуры практически не происходят.

Результаты, приведенные на рисунках 2 и 3, получены для светодиодной сборки находящейся вне корпуса светильника. При этом условия для свободной конвекции и теплового излучения оказываются намного лучше тех, которые имеются внутри закрытого корпуса. Внутри закрытого корпуса свободная конвекция затруднена ввиду небольшого замкнутого пространства, а тепловое излучение почти полностью поглощается внутренней поверхностью корпуса и приводит к дополнительному повышению температуры внутри корпуса светодиодного светильника. На рисунке 4 приведен оценочный расчет распределения температуры в светодиод-

ном модуле, установленном внутри закрытого корпуса.

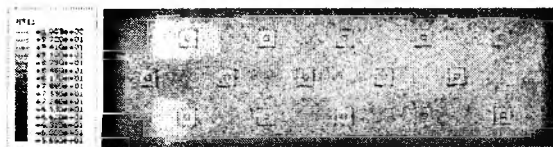


Рисунок 4 – Полученное методом компьютерного моделирования распределение температуры по фронтальной поверхности платы светодиодного модуля при работе в стационарном режиме внутри закрытого корпуса

Результаты расчетов показывают, что при работе светодиодного модуля внутри закрытого корпуса температуры на отдельных светодиодах достигают примерно 100°C, а это может заметно сказаться на времени работы этих светодиодов. В соответствии с динамикой изменения световой отдачи при эксплуатации на разных температурах, приведенной на Рисунке 5 [1], время жизни светодиодов работающих при 100°C сокращается примерно в 2-3 раза (в зависимости от силы тока) по сравнению со светодиодами, работающими при температурах 75°C и ниже.

Следует отметить, что наличие на монтажной плате балластных сопротивлений, существенно сказывается на тепловых режимах светодиодов, припаянных к тем же элементам

УДК 535-3, 535.314

#### ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИНХОЛ КАМЕРЫ

Дудчик Ю.И., Звягин И.Ю.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета  
Минск, Республика Беларусь

Рентгеновские лучи широко используются в технической диагностике, неразрушающем контроле, медицине. Источниками рентгеновских лучей являются рентгеновские трубки [1], а в последнее время – синхротронные источники излучения и лазеры на свободных электронах. Все эти источники характеризуются целым рядом параметров, один из которых – размер. Для рентгеновских трубок размер фокусного пятна анода, области, с которой происходит излучение, является важной характеристикой. Несмотря на то, что размер пятна задается производителем, его точное значение для данного экземпляра трубки может отличаться и меняться со временем. Поэтому определение размеров источника излучения является важной задачей.

Получить изображение источника рентгеновского излучения можно с использованием многоэлементной преломляющей рентгеновской линзы, как это описано в [2, 3]. Однако такие

линзы являются дорогостоящими и обладают хроматическими аберрациями.

Вынос балластных сопротивлений за пределы светодиодной сборки мог бы существенно улучшить тепловые характеристики и надежность данного светодиодного модуля.

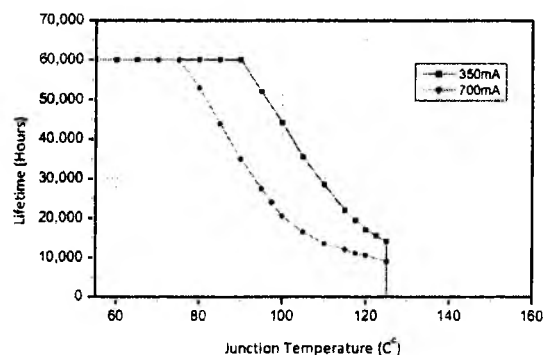


Рисунок 5 – Зависимость времени жизни светодиодов компании Helio Optoelectronic Corp. от температуры р-п перехода

1. <http://heliopto.com/en/product-white02-1.htm>, доступ 14.03.2012 г.
2. Кутателадзе, С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие / С.С. Кутателадзе – М.: Энергоатомиздат, 1990. –367 С.

линзы являются дорогостоящими и обладают хроматическими аберрациями.

В данном сообщении для получения изображения источника рентгеновского излучения в качестве оптического элемента была использована пинхол камера (камера-обскура). Изображение источника излучения визуализировалось с использованием цифровой рентгеновской камеры.

Объектом исследования является фокальное пятно рентгеновской трубки БСВ-17 с медным анодом. Паспортное значение фокального пятна равно 0,6 x 8 мм<sup>2</sup>. Рабочее напряжение на аноде трубки – 20 кВ, анодный ток- 14 мА. Энергия фотонов характеристического излучения меди равна 8 кэВ. Угол между зеркалом анода и рабочим пучком составлял 6°, поэтому эффективное фокусное пятно трубки (проекция реального пятна на направление пучка) имеет размер 0,6 x 0,84 мм<sup>2</sup>.