

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Косицын А.А.

ФГБОУ ВПО Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, Саранск, Россия (430005, Саранск, ул. Б. Хмельницкого, 39), e-mail: distantcoast@mail.ru

Перед разработчиками светодиодных световых приборов и систем освещения остро стоит вопрос обеспечения качественного теплоотвода от кристалла светодиода в окружающую среду. От эффективности системы охлаждения напрямую зависят технико-экономические параметры приборов. В данной статье освещается вопрос о применении новых перспективных методов и средств охлаждения полупроводниковых источников оптического излучения и приборов на их основе. В качестве наиболее эффективного метода рассматривается метод прямого жидкостного охлаждения чипа и предлагается концепция построения шинных светодиодных систем освещения на основе унифицированных модулей с данным типом охлаждения. Применение предложенной концепции на практике позволит создавать гибкие в развертывании и удобные в монтаже и обслуживании светодиодные системы освещения с высокоэффективным жидкостным охлаждением, отвечающие современным дизайнерским требованиям, обладающие высокими эксплуатационными параметрами и экономической целесообразностью.

Ключевые слова: светодиод, светодиодные модули, система освещения, методы охлаждения, теплопроводные композиты.

PROSPECTIVE METHODS OF COOLING SEMICONDUCTOR SOURCES OF OPTICAL EMISSION

Kositsyn A.A.

Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia (430005, Saransk, street B. Khmelnitskogo, 39), e-mail: distantcoast@mail.ru

The developers of LED lighting fixtures and lighting systems acute issue of quality of heat removal from the LED chip to the environment. The effectiveness of the cooling system is directly dependent technical and economic parameters appliances. The paper covers the issue of application of new prospective methods and means of cooling semiconductor optical sources including devices based on optical emission. As the most effective method, the paper highlights the method of microchip direct liquid cooling and offers the concept of a bussed LED lighting installations based on unified modules with this type of cooling. The application of the proposed concept to practice will allow to create flexible in presetting and convenient in mounting and servicing LED lighting systems with highly efficient liquid cooling meeting modern design requirements, having high functional parameters and economic feasibility.

Keywords: LED, LED modules, lighting installation, cooling methods, thermally conductive composites.

Соблюдение надлежащего теплового режима работы любого полупроводникового источника оптического излучения является крайне важной составляющей процесса его эксплуатации, так как непосредственно от него зависит срок службы прибора, его светотехнические и колориметрические характеристики [1]. Таким образом, перед конструкторами остро встает вопрос создания такой конструкции прибора, которая в полной мере должна обеспечивать заданный тепловой режим работы при минимальных издержках на процесс охлаждения.

Традиционно для охлаждения полупроводниковых приборов используется активное и пассивное воздушное охлаждение, неотъемлемой частью которого является наличие радиатора, выполненного, как правило, из алюминия или меди. Несмотря на то, что данные

металлы обладают хорошей теплопроводностью, их использование делает систему охлаждения относительно дорогостоящей и обладающей большими габаритами и весом [1]. При построении световых приборов, обладающих большим тепловыделением, применение традиционных методов охлаждения накладывает существенные ограничения при проектировании приборов, отвечающих современным требованиям к ресурсо- и энергосбережению.

К вариантам модификации традиционных средств охлаждения можно отнести применение вместо радиаторов на основе цветных металлов радиаторов на основе теплопроводных полимеров [3]. Современное развитие материаловедения позволяет осуществить такой переход без особых потерь в плане эффективности охлаждения при одинаковой площади теплорассеивателей, но существенно выиграть в плане экономии на стоимости материала и уменьшении удельного веса готового продукта. Другим возможным вариантом модификации можно считать применение радиаторов на основе тепловых трубок [2, 6], причем в этом варианте также не исключается применение теплорассеивателей, изготовленных из теплопроводящих полимеров. Хочется отметить, что в технологическом плане применение теплопроводящих полимеров не вызывает особых трудностей, так как изготовление теплорассеивателей на их основе возможно с применением отлаженной технологии литья под давлением. Развитие робототехники сделало возможным изготовление сложных 3D конструкций посредством печати на 3D принтерах, избавляя от необходимости изготовления форм для литья [7].

Наиболее интересными перспективными методами охлаждения являются методы, базирующиеся на прямом жидкостном охлаждении чипа [5]. Схема перемещения теплового потока при использовании данного метода приведена на рис. 1.

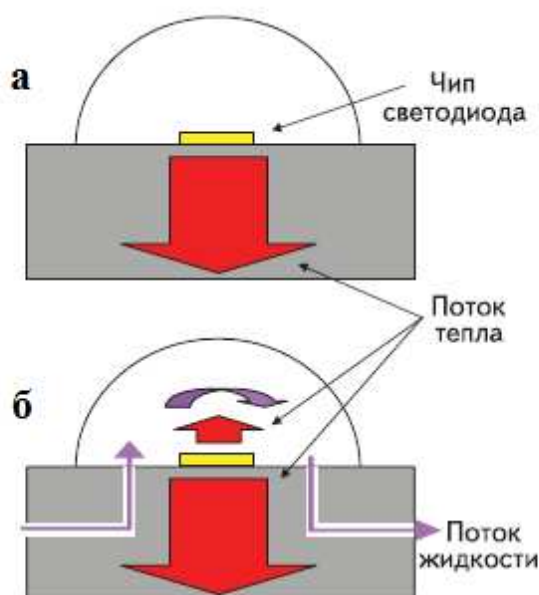


Рис. 1. Схема перемещения теплового потока в светодиодах различной конструкции:

а) перемещение тепловых потоков в светодиоде обычной конструкции;

б) перемещение тепловых потоков в светодиоде с прямым жидкостным охлаждением чипа

Охлаждение в данном методе осуществляется как через корпус светодиода, так и через верхнюю поверхность светодиодного чипа за счет потока жидкости в камере между поверхностью чипа и куполообразной линзой. В таких системах охлаждения в качестве теплоносителя обычно используется деионизованная вода либо спиртосодержащие жидкости для работы в условиях пониженных температур [4]. Следует отметить, что при использовании жидкости, отличной от деионизованной воды, необходимо обращать внимание на устойчивость материалов прибора к коррозионным и иным воздействиям теплоносителя. Использование данного метода охлаждения наиболее перспективно в единичных чипах, работающих при больших значениях питающего тока (возможно выше номинальной величины), в устройствах, требующих создания большой величины светового или энергетического потока с минимальной единицы площади. Данный метод также легко может быть интегрирован с традиционными методами охлаждения полупроводниковых структур, создавая на выходе полупроводниковые источники оптического излучения и световые приборы с высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями.

На базе данного метода предлагается концепция построения шинных светодиодных систем освещения на основе модулей с прямым жидкостным охлаждением чипов. 3D изображение конструкции модуля в продольном разрезе представлено на рис. 2.

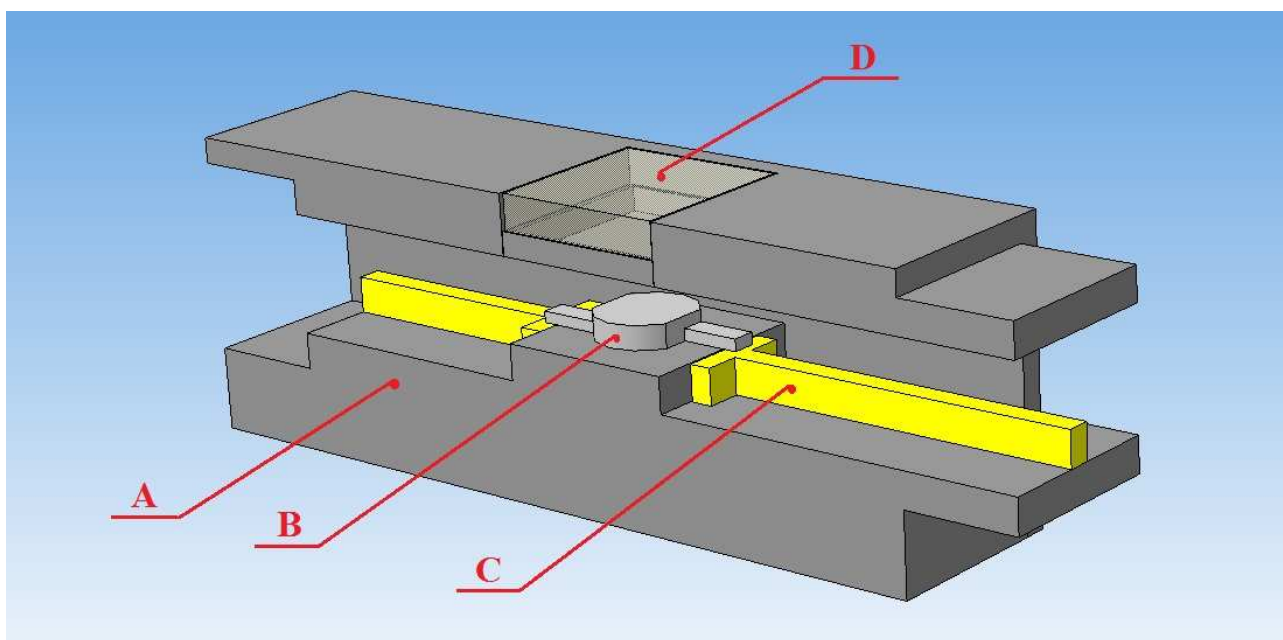


Рис. 2. 3D изображение модуля I типа в продольном разрезе:

A – корпус из теплопроводного электроизоляционного полимера; B – мощный светодиод; C – электропроводящая шина из коррозионностойкого металла; D – световое окно из матового полимерного стекла или полимерного стекла с нанесенным удаленным люминофором

Конструкция модуля имеет пазы для соединения модулей между собой. Соединенные модули образуют герметичный канал для циркуляции теплопроводящей жидкости по замкнутому контуру, а также шину для подвода электропитания. Жидкость является переносчиком тепла от корпуса модуля, кристалла и электродов светодиода. Таким образом, проточная система охлаждения модулей позволяет снизить габариты модулей, являющихся теплоотводами, а также использовать монтаж таких систем освещения в условиях низкой естественной конвекции воздуха (ниши натяжных и подвесных потолков и др.). Герметичность стыков модулей обеспечивается за счет точности изготовления пазов модулей, которые являются разъемным типом соединения, тем самым также повышается ремонтпригодность системы при отказе одного из модулей.

Для развертывания систем освещения сложной геометрии целесообразно ввести три унифицированных типа модулей, представленных на рис. 3. Модули II и III типа принципиально не отличаются от модуля I типа, являющегося базовым (рис. 2), за исключением расположения соединительных пазов. Соединяя различные типы модулей между собой можно получить системы освещения требуемой геометрии. Примером может служить система освещения, представленная на рис. 4. Для вариации местоположения модулей I–III типа в пространстве, в систему освещения должны входить аналогичные «пустые» модули, предназначенные для передачи охлаждающей жидкости и питающего тока от одного модуля к другому, находящемуся на некотором удалении от первого.

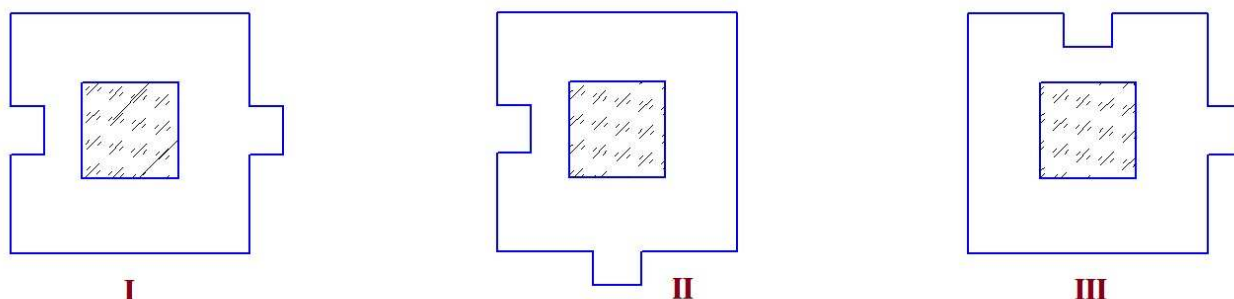


Рис. 3. Типы унифицированных модулей

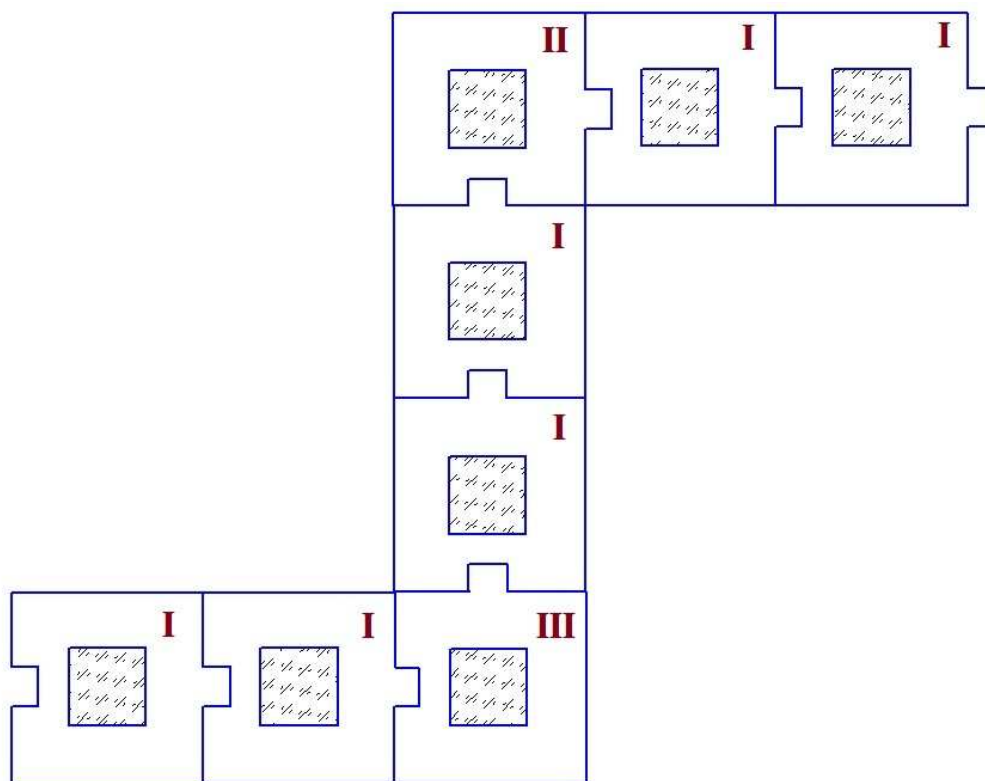


Рис. 4. Пример геометрии системы освещения, построенной из унифицированных модулей

Кроме унифицированных модулей, в систему освещения также входит помпа для прокачки охлаждающей жидкости и драйвер питания, которые конструктивно целесообразно объединить в один блок.

Список литературы

1. Гонин М. Спасительная прохлада, или теплоотвод для мощных светодиодных матриц // Новости электроники + светотехника. – 2013. – № 2.
2. Кисеев В. Двухфазные теплопередающие системы для охлаждения светодиодных светильников / Д. Аминев, В. Кисеев, Р. Мурзин, В. Черкашин // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 3. – С. 27-32.
3. Криваткин А., Сакуненко Ю. Применение теплорассеивающих пластмасс для охлаждения LED-кристаллов // Современная светотехника. – 2010. – № 4. – С. 50-54.
4. Куликова Т.А. Теплопроводящие свойства чистых органических жидкостей. Нелокальный подход: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2000. – 153 с.
5. Луценко Е. Температура перегрева активной области коммерческих светодиодов и светодиодов с прямым жидкостным охлаждением чипа // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 3. – С. 26-29.

6. Патент 2483391 РФ. МПК7 H01L33/00. Светодиодная лампа / Валенцов М. Ю. (Россия). – № 2011112337/28; заявл. 01.04.2011; опубл. 27.05.2013.
7. 3D-принтер. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер>.

Рецензенты:

Свешников В.К., д.т.н., профессор кафедры физики и методики обучения физике Физико-математического факультета ФГБОУ ВПО Мордовского государственного педагогического института им. М. Е. Евсевьева, г. Саранск.

Панфилов С.А., д.т.н., профессор кафедры теоретической и общей электротехники Светотехнического факультета ФГБОУ ВПО Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, г. Саранск.