

Хьюго да Силва (Hugo da Silva)

Совершенствование конструкций светодиодных ламп

С ПОМОЩЬЮ ПЛАСТИЧНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИЛИКОНОВ

Силиконы могут выдерживать высокие температуры и позволяют обеспечивать более высокую плотность светового потока в конструкциях устройств светодиодного освещения, при этом упрощая процесс их изготовления с применением более сложной архитектуры.

В настоящее время появилась практическая возможность использовать пластиковые силиконы в конструкциях устройств на основе светодиодов, применяемых в качестве вторичных оптических систем, световодов и других оптических элементов. Более того, новые типы конструкций, разработанные специально для устройств светодиодного освещения, позволяют им выдерживать высокие температуры, возникающие в излучающем кристалле, не подвергаясь оптической деградации. Материалам данного типа можно придавать сложные формы, что предоставляет широкий спектр возможностей разработчику продукции.

Мировой рынок осветительных устройств находится на пороге трансформации, связанной со все ускоряющимся процессом вытеснения традиционных источников освещения светодиодными. По прогнозам исследовательской фирмы McKinsey&Companу, рынок устройств светодиодного освещения будет в дальнейшем расти на 30% в год, и к 2020 г. его объем превысит \$81 млрд, что будет составлять почти 60% от общего объема мирового рынка осветительных устройств.

Указанные цифры получены, исходя из наблюдаемого ускоренного внедрения светодиодных технологий во все более и более широком спектре применения осветительных устройств, начиная от сегмента маломощных устройств низкой светимости типа потолочных светильников (в котором светодиоды активно вытесняют маломощные компактные люминесцентные и галогенные лампы) и заканчивая сегментом более мощных осветительных приборов, таких как светодоры, промышленные и офисные светильники, высокоомощные галогенные лампы, а также осветительные устройства для спортивных сооружений. По мере дальнейшего внедрения светодиодных источников освещения в сферы применения, требующие более высокой световой отдачи и мощности излучения, законы физики работы полупроводниковых излучающих структур определяют функционирование при более высоких температурах, несмотря

на то, что конструкторы ламп и осветительных приборов все время стремятся сокращать количество светодиодов либо располагать их более компактно в целях создания конструкций осветительных устройств, сравнимых или меньших по размеру, чем устройства предыдущего поколения.

В то же время разработчики светодиодных устройств создают конструкции модулей, ламп и светильников, позволяющие совмещать множество функций в меньшем количестве компонентов (рис. 1) либо включающие в себя меньшие по размеру или более сложные элементы. Производители светодиодов ведут поиск новых материалов с целью повышения производительности, увеличения эффективности (особенно для более крупных компонентов) и достижения большей экономии.

Новые материалы

Перечисленные проблемы являются наглядным проявлением «болезней роста» развивающегося рынка осветительных устройств, стремительно уходящего от конструкций и материалов, применявшихся в предыдущих поколениях приборов. В процессе решения этих проблем производители изучают возможности использования новых материалов, таких как силиконы, которые, хотя и менее известны



Рис. 1. Линзы компании LEDiL с использованием силиконов не только определяют форму светового пучка, но и обеспечивают влагозащитенность

в применении к светодиодным технологиям, но имеют богатую историю использования в десятках других отраслей, в частности, в области разработок перспективной электронной аппаратуры, автомобилестроения и промышленности средств связи. Применение силиконов позволяет решать некоторые проблемы, возникающие в связи с разработкой светодиодных конструкций нового поколения, включая способность выдерживать более высокие температуры, обеспечивать более высокую плотность светового потока, более высокую технологичность и большую сложность конструкции. Технологии применения силиконов развиваются в ногу со светодиодными технологиями. В последнее время несколько ведущих производителей оптических и светодиодных устройств проводят испытания пластиковых силиконов оптического качества нового класса и получают положительные результаты.

Хотя некоторые сорта силикона являются прозрачными для светодиодного излучения, пластиковые силиконы, подобные недавно внедренным компанией Dow Corning, представляют собой более передовые материалы, разработанные специально для применения в светодиодных устройствах, т. е. они демонстрируют более высокие рабочие характеристики по сравнению с оптическими материалами, лучшими в своем классе на сегодня. Сверх того, пластиковые силиконы, так же как и традиционные, имеют низкую вязкость до отверждения, облегчающую придание им более сложных форм, чем органическим полимерам и стеклу, что, в свою очередь, открывает возможности создания новых конструкций вторичных линз, световодов и других оптических элементов. Данное свойство может также способствовать снижению стоимости производства и сокращению длительности циклов инжекционного формования и других технологических процессов, а в потенциале также и сокращению системных издержек при изготовлении ламп и осветительных устройств на базе светодиодов. Наконец, по сравнению со многими органическими материалами, строение главных химических цепей силиконов делает их особо устойчивыми к повышенным температурам, создаваемым в существующих и перспективных осветительных системах на базе светодиодов.

Светодиодные конструкции, устойчивые к повышенным температурам

Пластичные силиконы показывают себя с лучшей стороны и в высокотемпературных применениях. Как класс материалов с повышенными технологическими показателями, они легко выдерживают температуры выше +150 °С без существенного снижения оптических характеристик и механической прочности. Названные свойства будут становиться еще более привлекательными по мере внедрения светодиодных устройств, обеспечивающих все более интенсивное излучение белого света при сравнительно малых размерах корпуса, а также в силу предпочтения потребителями ламп и светильников меньших размеров, обеспечивающих более интенсивный световой поток, что приводит к повышению температур в масштабах устройства.

Ввиду повышенной плотности светового потока температура корпуса применяемых в настоящее время сверхъярких светодиодов уже достигает +150 °С. Это не только порождает проблемы для эпоксидных герметиков, традиционно используемых для герметизации корпусов светодиодов, но и вызывает перегрев традиционных материалов вторичной оптики, таких как поликарбонат и акриловая смола. В целом, оптическое качество указанных пластических материалов начинает снижаться со временем при температурах выше +125 и +95 °С соответственно. То же относится к эпоксидным смолам при температурах выше +150 °С.

Высокие температуры указанного порядка вызывают пожелтение со временем традиционных оптических материалов, применяемых в осветительных системах на базе светодиодов, которое, в свою очередь, приводит к снижению общей светоотдачи системы. Данное обстоятельство может оказывать сильное влияние на стабильность светового потока и световую отдачу, выражающееся в снижении ожидаемой 80 процентной светоотдачи ниже приемлемого уровня ранее срока полезной службы светодиодного осветительного устройства, установленного в 50 000 ч. Кроме того, эффект пожелтения может вызывать неблагоприятное изменение со временем цветовой температуры светодиода. Подобные изменения цвета источника освещения неприемлемы как для разработчиков осветительных устройств, так и для конечных потребителей.

По сравнению с традиционными материалами, пластичные силиконы сохраняют превосходную оптическую стабильность и прозрачность даже после длительного воздействия температур выше +150 °С, при этом демонстрируя сравнительно низкую степень пожелтения или даже полное его отсутствие, а также повышенную степень стабильности в видимой области спектра. Более того, этот новый класс силиконов обеспечивает поддержание более стабильного уровня силы света и светоотдачи оптических компонентов светодиодного устройства в течение всего срока его службы.

Тепловые испытания

Испытания на термическое старение в печи с циркуляцией воздуха при температуре +150 °С на протяжении 10 000 ч, проведенные компанией Dow Corning, показали, что высокая прозрачность силикона при указанных условиях остается стабильно выше 90–95% в видимой части спектра. В процессе испытаний на старение при нагреве пластичные силиконы также сохраняли высокие показатели и по другим своим оптическим характеристикам, таким как отражающая способность, малая дымчатость и стабильность коэффициента преломления.

Пластичные силиконы также продемонстрировали свое преимущество в ходе испытаний на сравнение показателей термической и оптической устойчивости с аналогичными показателями традиционных материалов, таких как поликарбонат, акриловая и эпоксидная смолы. При выдерживании в течение 200 ч при температуре +150 °С пластичные силиконы сохраняли свои высокие оптические характеристики (рис. 2). В отличие от силиконов, традиционные органические материалы в аналогичных условиях демонстрировали существенное пожелтение при температурах выше +125 °С.

Исключительная термическая и оптическая устойчивость пластичных силиконов может явиться фактором, способствующим разработке новых конструкций светодиодных устройств. Применение данного типа материалов может помочь решить некоторые проблемы, такие как проблема регулирования слепящей яркости при одновременном поддержании уровня светоотдачи, стабильности цветовой температуры и эффективности. Помимо этого, низкая вязкость силикона до отверждения позволяет разработчикам создавать светодиодные элементы более сложной формы, с более тонкими конфигурациями стенок, с поддержкой двух рабочих режимов или с очень малыми размерами.



Конфигурации силиконов

Конфигурации типа, например, поднутрений труднодостижимы при использовании пластиков, так как последние трудно извлекать из формы. Изготовление элементов, примыкающих к тонким и толстостенным сечениям, также трудновыполнимо при использовании пластиков, которые имеют более высокую хрупкость и поэтому более предрасположены к трещинообразованию и разламыванию. Наконец, в конструкциях на базе пластмасс должна быть предусмотрена защита этих пластмасс от теплового излучения со стороны светодиодного источника освещения, что исключает возможность применения конфигураций, при которых бы пластиковые оптические элементы располагались ближе к светодиоду или даже касались его.

Как и традиционные, силиконы оптического качества хорошо подходят для приложей, требующих прецизионного литья. До отверждения вязкость силиконов снижается при повышении температуры. Это позволяет вводить силиконовые смолы в форму под более низким давлением, чем обычно требуется для других материалов, при этом достигая не менее хороших показателей по подвижности и воспроизводимости. В частности, их низкая вязкость позволяет воспроизводить элементы микронных размеров на поверхности линз, что, в свою очередь, предоставляет дополнительные возможности по обеспечению фокусировки излучения или направления светового потока.

Вкратце, физические свойства пластичных силиконов позволяют создавать новые конструкции, трудно реализуемые при применении традиционных материалов, при условии изучения новых форм, конфигураций и размеров светодиодных осветительных устройств, а также новых сфер их применения.

Технологии изготовления

Для изготовления элементов на основе силикона могут применяться различные технологии, включая инъекционное и литьевое/матричное формование и т. п. При изначальной высокой пластичности твердость этих элементов может корректироваться либо с целью обеспечения впитывания, либо с целью обеспечения повышенной ударопрочности. Благодаря низкому уровню влагопоглощения и своей способности выдерживать неблагоприятные воздействия окружающей среды традиционные силиконы уже широко применяются в электронной промышленности для предохранения хрупких элементов от повреждений. Пластичные оптические силиконы также демонстрируют многие из перечисленных свойств.

Другая известная проблема, возникающая при использовании пластмасс и практически несущественная при использовании пластичных силиконов, — это усадочная деформация. Пластичные силиконы не требуют охлаждения в форме во избежание деформации, как того требуют пластмассы. Это позволяет сократить длительность цикла, особенно для крупных элементов, что важно, так как длительность времени нахождения детали в аппарате может

формировать существенную часть ее общей стоимости в зависимости от формы, конструкции оптического элемента и технологических факторов, упомянутых выше. Кроме того, сравнительно низкая степень усадки пластичных силиконов позволяет свести к минимуму или полностью предотвратить деформации элементов, образующих прямые сечения, например тыльных частей полусферических оптических систем.

Конструктивные и технологические преимущества пластичных силиконов невозможно переоценить, так как они позволяют решать проблемы на самом раннем этапе процесса конструирования светодиодных устройств. Готовая светодиодная лампа может содержать более десятка различных компонентов на основе силикона, включая адгезионные покрытия, компаунды, вторичные оптические элементы и герметизирующие материалы (рис. 3). Силиконы широко применяются для решения технологических проблем на уровне корпуса, а поскольку светодиоды все больше используются в источниках освещения общего назначения, указанные проблемы будут получать все большее распространение.

Пример оптического устройства

Возвращаясь к рис. 1, упомянем, что компания LEDiL, ведущий поставщик оптических

элементов на мировом рынке осветительных приборов, недавно продемонстрировала разработанный ею инновационный линзовый модуль STRADA-FT-TPHS. Являющийся плодом сотрудничества компаний LEDiL, Dow Corning и других поставщиков, этот модуль представляет собой вторичный оптический элемент, состоящий из асимметричных линз на основе пластичных силиконов, полученных компанией Dow Corning.

В частности, применение компанией LEDiL технологии пластичных силиконов позволило обеспечить выполнение вторичным оптическим элементом двойной функции. Помимо создания асимметричной структуры распределения фронтального освещения, вторичный оптический элемент также обеспечивает защиту корпуса светодиода от внешних воздействий. Использование материала линз в качестве защиты от проникновения наружной пыли и влаги позволило компании LEDiL уменьшить общее количество деталей и решить проблему, которая обычно ложится на плечи конечных потребителей осветительных приборов (ранее клиенты компании были бы вынуждены обеспечивать защиту всего осветительного устройства целиком).

Применение пластичных силиконов позволило снабдить модуль и другими конструктивными особенностями, такими как поднутрение,

а также термическая и оптическая устойчивость в диапазоне температур $-45...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$, что предотвращает пожелтение в течение всего срока службы модуля. Ни указанные особенности, ни двойная функциональность вторичного оптического устройства не могли бы быть легко (или вообще) достигнуты при использовании пластмасс, что подчеркивает универсальность конструктивных возможностей, предоставляемых пластичными силиконами.

В условиях быстро развивающейся светотехнической отрасли требования к характеристикам могут широко варьироваться от одной светодиодной конструкции к другой. Однако пластичные силиконы находят применение на каждой стадии цепочки проектирования светодиодных устройств и у других крупнейших поставщиков оптических приборов и разработчиков светотехнического оборудования. Компания Dow Corning продолжает поиск новых промышленных партнеров в целях разработки новых инновационных приложений пластичных силиконов.

С точки зрения функциональных характеристик, пластичные оптические силиконы совмещают в себе и зачастую даже превосходят наилучшие показатели как органических полимеров, так и стекла. По мере увеличения спроса на светодиодные осветительные устройства в ближайшее десятилетие материалы на основе пластичных оптических силиконов будут играть главную роль в разработках новых высокопроизводительных светодиодных осветительных устройств и способствовать расширению конструктивных и технологических возможностей светодиодных ламп и осветительных устройств. Высокие показатели температурной устойчивости, пластичности и механической прочности данного вида материалов обеспечивают им преимущества практически на каждом этапе цепочки создания стоимости светодиодных осветительных устройств благодаря решению проблем, связанных с герметизацией, защитой от внешних воздействий, обеспечением плотности соединений и формированием светового пучка. С учетом их превосходных оптических качеств, пластичные силиконы могут помочь в решении таких конструктивных проблем, как регулирование рассеяния света и слепящей яркости, варьирование цветовой температуры и эффективности со временем. Применение пластичных силиконов может способствовать ускорению внедрения новых светодиодных осветительных устройств, снижению затрат и продвижению данной технологии в другие сегменты рынка, такие как производство светильников общего и направленного освещения для дома, офиса и торговых помещений, светофоров и других уличных осветительных устройств, мобильных устройств и приборов освещения салона автомобиля. Светодиодные осветительные устройства на основе пластичных силиконов могут быть особенно удобны для приложений, требующих «холодного прикосновения» и устойчивости к воздействиям окружающей среды. ●



Рис. 3. Силиконовые компоненты в конструкции светодиодной лампы

Оригинал статьи опубликован в LEDs Magazine #10`2012 <http://ledsmagazine.com/features/9/10/14>