

Переход от традиционных ламп к светодиодным источникам для светоотверждения материалов

Перевод: Алекс Карабута

Светодиоды продолжают успешно вытеснять традиционные источники света не только в домохозяйствах и общественных местах, но также в узкоспециализированных областях. Одной из таких областей является светоотверждение – затвердевание материалов под действием света определённого диапазона длин волн. Преимущества светодиодов в этой области позволяют выйти на новый уровень технологий, однако переход на новые источники света редко осуществим простой заменой лампы на светодиоды. Обычно он связан с рядом изменений в конструкции и технологиях, в том числе, для используемых материалов. О том, каковы трудности и слагаемые успеха на этом пути, рассказывает эта статья [1].

В англоязычной литературе для светоотверждаемых материалов обычно используется аббревиатура LCM (Light-Curable Materials). В русскоязычных же источниках общепринятого сокращения для них пока не сформировалось. Можно предположить, что наиболее адекватным сокращением послужит СОМ (светоотверждаемые материалы). На данный момент такие материалы часто упоминаются в связи с медициной, однако этим использование СОМ отнюдь не ограничивается. Композитные СОМ находят всё больше разнообразных технических применений, в том числе – при производстве электроники.

КАК РАБОТАЕТ СВЕТОДИОДНОЕ ОТВЕРЖДЕНИЕ

Для использования СОМ со светодиодными источниками для отверждения физико-химические процессы в этих материалах должны быть совместимы со светом от выбранного светодиодного источника и другими

параметрами технологии. Поэтому для понимания преимуществ и ограничений применения светодиодных источников света для самоотверждения композитных материалов (см. рис. 1) необходимо выяснить, что же происходит во время затвердевания под действием света.

Когда светодиодный источник излучает энергию нужного спектрального диапазона, фотоинициатор полимеризации во фрагментах СОМ формирует свободные радикалы, что запускает процесс затвердевания (см. рис. 2). В процессе светоотверждения молекулы СОМ расщепляются на свободные радикалы, которые затем начинают формировать полимерные цепочки с мономерами, олигомерами и другими ингредиентами до тех пор, пока все компоненты не образуют твёрдый полимер. Под действием интенсивного света жидкий СОМ полимеризуется (затвердевает). Окончание процесса затвердевания иногда называют терминацией (Termination).

Этот процесс во многом подобен тому, который происходит при облучении СОМ лампами широкого спектра, но с одним важным отличием. Дело в том, что светодиоды излучают свет в более узком диапазоне длин волн, чем обычные лампы. Поэтому светоотверждаемые материалы необходимо создавать такими, чтобы они эффективно полимеризовались в том узком спектральном диапазоне, который излучает выбранный светодиодный источник. Это отличие может повлиять на отверждение многих популярных ныне СОМ, особенно если они изначально были оптимизированы для источников света с широким спектром.

ПРЕИМУЩЕСТВА СВЕТОДИОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Несмотря на отмеченную проблему, у светодиодных источников для отверждения есть ряд преимуществ.

Во-первых, светодиодные системы обычно работают при более низких температурах, чем обычные лампы, что обусловлено их меньшим энергопотреблением и нагревом. И поскольку некоторые подложки для нанесения СОМ весьма чувствительны к высоким температурам, с обычными лампами требуется многократное их облучение с пониженной интенсивностью и перерывами для охлаждения, чтобы избежать повреждения материала от перегрева (см. рис. 3). Такой подход может потребоваться и для исключения термического расширения подложки или её фрагмента. При переходе на светоди-

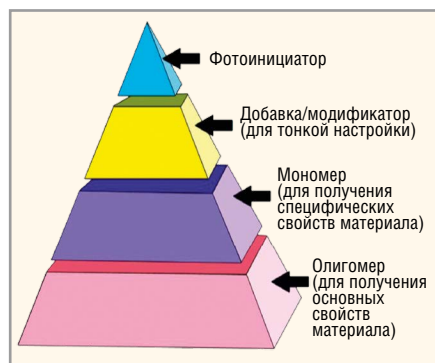


Рис. 1. Типичные компоненты светоотверждаемого материала

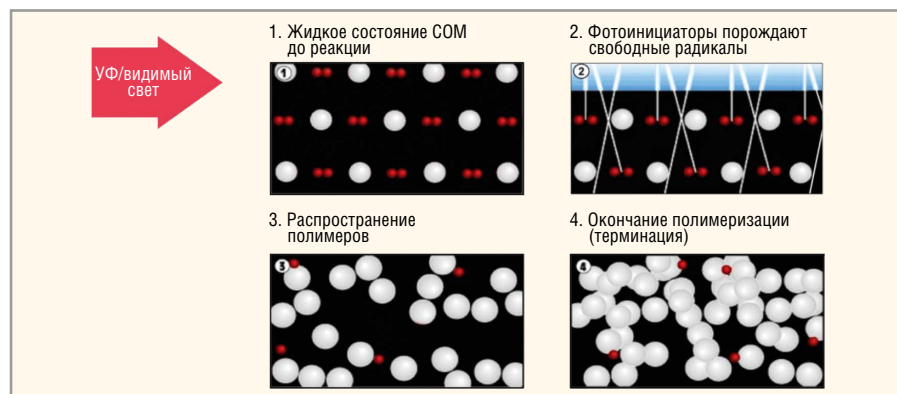


Рис. 2. Процесс светоотверждения

оды данных проблем можно избежать даже при однократном более длительном светоотверждении.

Во-вторых, светодиодные излучатели более долговечны. Хотя светодиоды тоже деградируют со временем, но по сравнению с типичными лампами, имеющими ресурс около 2000 часов (по падению интенсивности вдвое), долговечность правильно спроектированных светодиодных источников превышает 20 000 часов при падении интенсивности менее чем на 50%. Кроме того, поскольку для включения светодиодов на рабочую (полную) мощность нет необходимости их предварительно прогревать (что, как правило, приходится делать с лампами), то отпадает и необходимость оставлять их включёнными в коротких перерывах бездействия оборудования. Это также увеличивает срок использования светодиодных ламп в составе технологической установки. Впрочем, это не отменяет процедуры их периодической поверки люксметром, хотя для светодиодного источника их можно проводить существенно реже – тоже экономия.

В третьих, светодиоды способны обеспечить более однородный поток света на облучаемую область, а значит и более согласованные результаты светоотверждения.

Кроме того, светодиоды более энергоэффективны и являются частью «зелёных» технологий, предлагая безопасные условия эксплуатации. Таким образом, светодиоды способны дать существенную экономию средств.

Что нужно для перехода на светодиодное отверждение

При переходе на светодиодное отверждение обычно требуется не только простая замена источника света. Во-первых, как было отмечено, СОМ должен быть спектрально совместим с выбранной светодиодной системой. Передовые производители систем светоотверждения, как правило, учитывают это в своём оборудовании и материалах (см. рис. 4). Они помогут подобрать оптимальные компоненты под требования заказчика, включая проведение исследований с подложками и физико-химическими процессами, используемыми заказчиком. Приведённый на рисунке 4 прибор поддерживает до четырёх светодиодных головок с высокой интенсивностью излучения для точечного применения. Светодиодные головки и фокусирующие линзы

могут использоваться в любых сочетаниях.

Почему при этом необходимо проводить исследования под конкретные задачи заказчика, если в свободном доступе уже существуют многочисленные спецификации? К сожалению, информация в спецификациях производителей часто не рассматривает все параметры, необходимые заказчику, а опирается на типовые сценарии использования. Это может касаться материалов и геометрии подложек, клеевых швов, поведения адгезивных свойств при облучении, а также оптимального спектра для светоотверждения. И, конечно, спецификации не в состоянии описать все их сочетания, которые могут возникнуть в процессе производства, особенно применительно к спектральным пикам конкретных светодиодных источников, которые могут отличаться даже от партии к партии.

Даже если спецификация производителя светодиодного источника для светоотверждения утверждает, что пик его излучения приходится на определённую частоту, спектр конкретного источника может потребовать верификации при помощи измерений, чтобы исключить влияние смещения спектра в малоэффективную для светоотверждения область, если вдруг попался не очень качественный светодиодный источник. Если СОМ оптимизирован так, чтобы затвердевать при определённой длине волны, а светодиодный источник излучает спектр с пиком на несколько иной длине волны, возможно недоотверждение материала, что негативно скажется на качестве продукции.

Выбор СОМ, совместимого со светодиодным источником

Поскольку требования к СОМ обычно формулируются, исходя из технических особенностей конкретного применения, материал выбирается до того, как встанет вопрос об источнике света для отверждения. Поэтому источник обычно подбирается под конкретный СОМ и особенности его нанесения на заданную подложку. В результате может оказаться, что СОМ, хорошо работающий с лампой широкого спектра, потребует замены при переходе на светодиодный источник для отверждения.

Впрочем, некоторые СОМ действительно хорошо работают с обоими типами источников света. Поэтому, прежде чем перейти к выбору нового

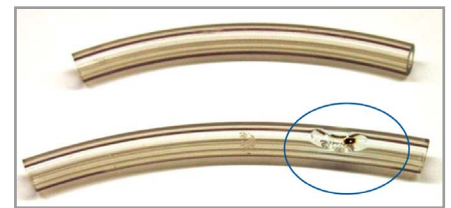


Рис. 3. Пример детали из СОМ, повреждённой перегревом во время светоотверждения (участок обведён овалом). Верхняя деталь получена при помощи светодиодного источника отверждения, нижняя – традиционного лампового

СОМ, стоит всесторонне проверить работоспособность текущего СОМ с новым источником света. И даже если вы убедитесь в совместимости СОМ со светодиодным источником, вам наверняка придётся сделать некие доводки процесса отверждения, иначе можно столкнуться с неожиданными последствиями в работе отвердевшей конструкции.

В том случае, если всё же требуется переход на новый СОМ, возникает ряд вопросов, так или иначе связанных с тем, выбирается СОМ для светодиодного источника или лампы с широким спектром. А именно: какова идеальная вязкость для вашего приложения, насколько жёстким должен быть материал после затвердения, как хорошо он должен быть связан с подложкой, позволяет ли материал подложки рассеиваться энергии отверждения, каково должно быть время затвердевания в данном техпроцессе.

Для термочувствительных подложек узкий температурный диапазон охлаждения светодиодного отверждения является очевидным преимуществом. Важно помнить, что даже с узким диапазоном света LED-источников, излучаемая ими энергия всё же поглощается подложкой и СОМ, что приводит к термическим процессам в них.

Вдобавок, все адгезивы, покрытия и прочие сопутствующие материалы являются, по крайней мере, чем-то экзотермическим, выделяющим дополнительное тепло во время отверждения. То есть, чем быстрее материал затвердевает, тем сильнее его термическая реакция. Это следует учитывать при определении оптимальной интенсивности и времени экспозиции.

Если светодиодная система выглядит привлекательной благодаря своим низким температурам (для небольших деталей, термочувствительных или энергопоглощающих материалов), то следует быть осторожным и не отда-



Рис. 4. Прибор для светодиодного отверждения компании Dymax, модель The BlueWave QX4

вать предпочтение слишком экзотермическим СОМ. По возможности лучше выбирать более термостабильные материалы.

При переходе на светодиодное светоотверждение особенно важно, чтобы выбранный СОМ хорошо работал в выбранном спектральном диапазоне источника света. Правильный выбор материала упростит последующий выбор светодиодной системы.

Изменения процесса для существующих СОМ

Если СОМ, выбранный для традиционных ламп, подходит и для светодиодного отверждения, некоторые техпроцессы всё равно потребуют определённой доработки. В зависимости от характера излучаемой каждым источником энергии возможны отличия в силе связи материала с подложкой, твёрдости затвердевшего СОМ и режимах экспози-

ции. Также ожидаемое термическое расширение материала и подложки может меняться с уширением спектра излучаемой источником энергии. Всё это может потребовать дополнительных исследований, которые помогут оптимизировать материалы и техпроцессы.

Выбор правильной дозирующей системы

Система дозировки также может потребовать изменений при смене материала на новый. Например, если выбранный СОМ обладает высокой вязкостью, плунжерный насос даст лучший результат, чем нагнетательный бак. Встаёт вопрос и о том, какой тип дозатора лучше использовать: точечный, заливочный, обмазывающий, шариковый или герметизирующий. Не стоит обходить вниманием и вопрос того, будет ли СОМ подаваться механизмом или оператором и какой тип контейнера будет при этом использоваться – шприц, картридж, баллон или бак.

Выбор светоотверждающего оборудования

Когда СОМ выбран, можно приступить к выбору светодиодной системы

LUMINEQ

POWERED BY ВЕПЕК

ДИСПЛЕИ ДЛЯ

от -50°C

О Ф И Ц И А Л Ь Н Ы Й Д И С Т Р И Б Ъ Ю Т О Р

PROSOFT®

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

для отверждения, исходя из требуемого спектра и интенсивности экспозиции.

Во-первых, частота излучаемого света должна соответствовать длине волны спектра поглощения фотoinициатора в СОМ. Необходимо отметить, что она не всегда равна типичному пику ртутных ламп в области 365 нм. Достаточно узкий колоколообразный спектр светодиодного излучения может иметь пик в видимом или ультрафиолетовом диапазоне, в зависимости от типа светодиода, и это будет влиять на способность СОМ к отверждению.

Во-вторых, различные виды монтажа светодиодов применительно к конструкции установки имеют свои преимущества и недостатки, в зависимости от конкретного приложения. Светодиоды на гибких выводах более компактны и универсальны. Обычно корпусированные светодиодные системы занимают больше места, но обладают большей эффективностью излучения и лучшим отводом тепла, что обеспечивает более высокую интенсивность отверждения, а их конструктивные особенности упрощают замену ими ртутных ламп в уже имеющихся установках.

В третьих, мощность светодиодных отверждающих систем должна быть проверена объективными средствами контроля, поскольку часто они продаются безотносительно применения в конкретных системах и нуждаются в калибровке.

Интенсивность нужно измерять как электромагнитное излучение во всём излучаемом спектре на поверхности отверждаемого объекта. Согласно светоотверждающей химии, это излучение является ультрафиолетовым или видимым светом и измеряется в милливаттах на квадратный сантиметр (мВт/см²). Для измерения интенсивности используется специализированный люксметр или радиометр с восприимчивостью в видимом и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Хотя такие приборы распространены достаточно широко, у разных производителей они могут заметно различаться, поэтому для сравнительных целей лучше использовать один и тот же прибор, причём предназначенный именно для измерения световых источников такого типа.

Чтобы не возникло недоразумений из-за различных переменных, вроде падения интенсивности с расстоянием

и угловым отклонением, следует определять уровень мощности именно в точке отверждения, а не рядом с источником излучения. Требуемая «мощность» или «интенсивность» светоотверждающего источника часто приводится как уровень мощности, излучаемой источником. Однако обратная пропорциональность квадрату расстояния и угол отклонения влияют на то, какая энергия в итоге достигнет поверхности материала, что нужно учитывать при выборе источника. При этом данные по спектральному распределению следует учитывать вместе с измерениями интенсивности, чтобы получить правильную картину для выбранного СОМ.

Таким образом, успех при переходе с обычных ламповых источников для светоотверждения на светодиодные зависит от внимательного рассмотрения всех перечисленных выше факторов – от выбора СОМ до конструкции отверждающей установки. При правильном учёте всех факторов такой переход может привести к получению заметных преимуществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.dymax.com



ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

- Кристальная чёткость изображения. Отсутствует размытость изображения движущегося объекта при температуре -60°C
- Широкий угол обзора – свыше 160°
- Время отклика менее 1 мс
- Средний срок безотказной работы более 116 000 часов
- Срок эксплуатации не менее 11 лет при потере яркости 25–30%
- Устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям
- Низкий уровень электромагнитного излучения
- Компактные корпус и обрамление

Области применения

- Специальная техника
- Транспортные средства
- Промышленное оборудование
- Медицинские приборы
- Аппаратура морской техники

LUMINEQ
POWERED BY BENEQ

ПРОДУКЦИИ BENEQ (LUMINEQ)



Реклама

С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru