

Анатолий Феопентов

Продолжение. Начало в №2'2012

# Модули Chip-on-Board

## Часть 2. Технология и производство

**Вторая часть публикации посвящена особенностям технологии изготовления модулей CoB («чип-на-плате») и вопросам организации производства этих перспективных изделий светодиодной техники.**

### Введение

Частично технология CoB повторяет технологию изготовления дискретных светодиодов, то есть светодиодов в отдельных корпусах, предназначенных, как правило, для автоматизированного монтажа на печатные платы. Основные отличия относятся к процессам нанесения люминофорной смеси и будут рассмотрены более подробно в зависимости от типа конструкции модуля CoB. Что же касается производства изделий, основанных на данной технологии, то оно имеет определенные преимущества по стоимости организации из-за экономии на оборудовании для сортировки, упаковки и монтажа.

Часть технологии, во многом общая для модулей CoB и дискретных светодиодов, охватывает процессы монтажа светодиодных чипов на плату и разварки проволочных перемычек для соединения контактов электрической цепи платы и контактных площадок чипа. Сюда входят следующие операции: нанесение адгезива, автоматизированная посадка чипа, сушка адгезива, плазменная очистка, разварка проволочных перемычек. На рис. 1 показан участок модуля CoB, на котором указанные операции и выполняются. Их результатом является модуль с установленными чипами, изучающий синий свет при подаче электрического тока. Чипы в таком состоянии не защищены компаундом и подготовлены к процессу нанесения люминофорной смеси.

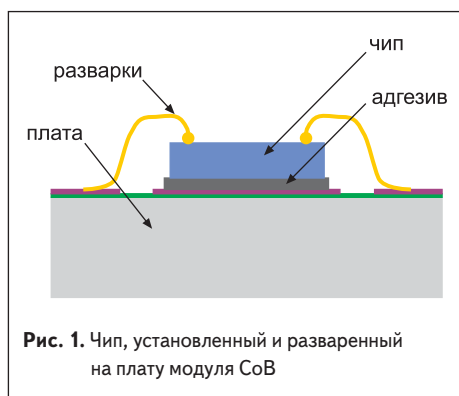


Рис. 1. Чип, установленный и разваренный на плату модуля CoB

### Печатные платы

В настоящее время разработаны стандарты для производителей печатных плат, а также рекомендации относительно состава и качества металлизации, топологии, содержания органических и неорганических загрязнителей на плате, позволяющие сделать процесс монтажа чипа повторяемым и надежным. При проектировании топологии печатной платы необходимо учитывать размер и шаг между контактными площадками. Топология печатной платы для технологии CoB практически не отличается от традиционной, контактные площадки для сварки, как часто бывает в производстве изделий светодиодной техники, требуют специальной подготовки — металлизации медного проводника печатной платы. На медь осаждается слой химического никеля толщиной 2–4 мкм, а на него, как правило, слой химического (иммерсионного) золота толщиной 0,05–0,15 мкм. В современных изделиях на печатной плате для CoB формируют контактные площадки шириной менее 100 мкм и шагом между проводниками менее 100 мкм.

Для изготовления модулей CoB обычно используют печатные платы на металлической основе (Metal Core Printed Circuit Board, MCPCB). Плата MCPCB состоит из трех основных слоев — металлической базы, диэлектрика и электропроводящего слоя. Наиболее применяемые металлы для изготовления основания платы — алюминий или медь. Алюминий более распространен благодаря низкой стоимости, небольшому весу и высокой теплопроводности. Типичная толщина основания составляет 1,0–3,2 мм. Применяемые алюминиевые сплавы — AL6061/5052/1370/770/710. Медь в качестве материала основания применяется, только если это оправдано необходимостью обеспечить очень хороший теплоотвод. Критичным слоем в плате MCPCB обычно считается слой диэлектрика, который должен обеспечивать одновременно хорошую электроизоляцию (например характеризующуюся значением пробивного напряжения не менее 3 кВ) и приемлемую теплопроводность. Обычно значения толщины этого слоя лежат в диапазоне 0,075–0,2 мм. Типичные значения теплопроводности диэлектрика — 0,8; 1,5; 2,0; 3 Вт/(м·К).

Электропроводящий слой стандартен для технологии печатных плат и выполняется из меди толщиной 35–350 мкм. Отличие MCPCB состоит в том, что иногда применяются слои с большей толщиной проводника для высоких значений силы тока [1].

### Типы адгезивов

В качестве адгезивов может использоваться все разнообразие материалов, предназначенных для установки светодиодных чипов, с которым можно ознакомиться на сайтах компаний-производителей. В их числе можно отметить Shin-Etsu, Dow Corning, Diemat. Однако хотелось бы обратить внимание на два типа адгезивов, которые сейчас представляются весьма перспективными для монтажа широкого спектра чипов, в том числе и мощных. Один из них — известный тип адгезива, состоящего из композитной органической связки и наполнителя (металлического серебра). Массовая доля серебра в таком адгезиве значительна и составляет более 50%. Он обладает хорошими теплопроводностью и электропроводностью. Теплопроводность обычно составляет 5–15 Вт/(м·К). В роли органической связки может выступать эпоксидная смола или силикон. Второй тип — теплопроводящий и электроизолирующий адгезив с высоким коэффициентом отражения оптического излучения. Он содержит как теплопроводящий, так и светоотражающий наполнитель. Органической связкой в этом случае может быть только силиконовый компаунд, поскольку к адгезиву предъявляется требование стабильности оптических свойств. Типичное значение теплопроводности такого материала составляет порядка 0,2 Вт/(м·К).

Образцами двух обсуждаемых типов адгезивов могут послужить материалы компании Shin-Etsu — KJR-632DA-7 и LPS-8433W-3. Первый тип (серебросодержащий) обеспечивает минимальное тепловое сопротивление на участке от *p-n*-перехода чипа до металлической основы платы. Второй за счет отражательной способности дает заметный выигрыш в световом потоке модуля (5–10%), но увеличивает тепловое сопротивление, хотя и до приемлемых значений. При этом соответствующее увеличение перегрева, к примеру на 10° С, закономерно сказывается на сроке жизни модуля, скажем, уменьшает его с 60 до 50 тыс. ч. Эти значения приведены здесь только для того, чтобы показать порядок цифр, в каждом конкретном случае определение срока

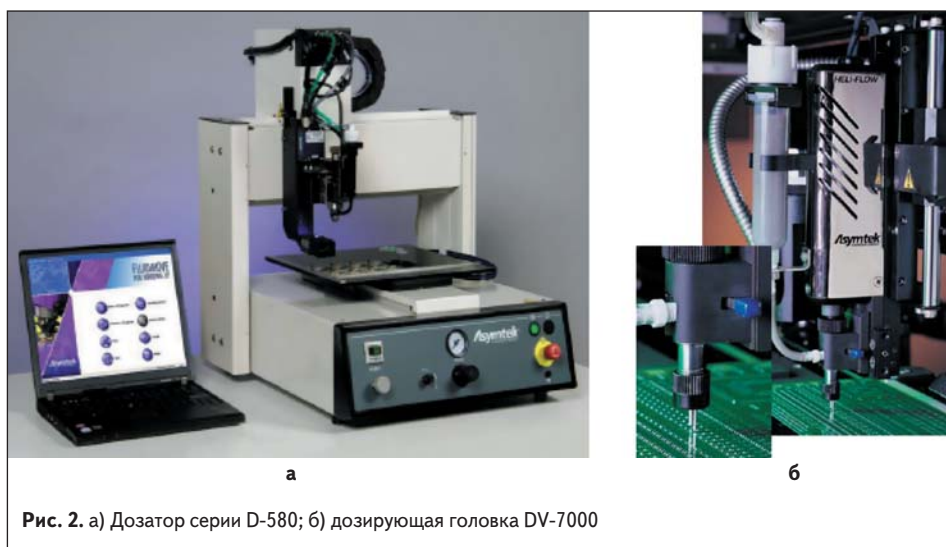


Рис. 2. а) Дозатор серии D-580; б) дозирующая головка DV-7000

жизни светодиодного изделия — это предмет отдельно проводимого расчета.

## Нанесение адгезива

Используются несколько методов нанесения адгезива. Трафаретная печать — самый экономичный способ, однако он не позволяет формировать соединения с высокой точностью, поэтому годится для массового серийного производства без серьезных требований. Также одним из популярных методов нанесения адгезива является stamping (метод переноса, или штампования). Он финансово затратнее, чем трафаретная печать, но при этом позволяет выполнять более точные соединения с меньшим шагом. Наиболее же распространенным и перспективным в современном производстве светодиодных изделий является дозирование. Это самый дорогой из перечисленных методов, но универсальный. Для него характерна точность позиционирования дозирующих головок 20 мкм, а одна программа может включать до 100 тыс. точек дозирования.

Дозаторы могут быть ручными, полуавтоматическими или автоматическими, что зависит от объема выпускаемых изделий. Автоматические дозаторы комплектуются специализированным программным обеспечением и библиотеками форм дозирования, что позволяет применять этот метод для множества сложных по исполнению задач. В зависимости от применяемого адгезива дозаторы оснащают соответствующими дозирующими головками. В качестве примера на рис. 2а показан дозатор серии D-580 (Asymtek), а на рис. 2б — дозирующая головка DV-7000, предназначенная для нанесения паяльных и серебросодержащих паст и адгезивов, производства компании Asymtek.

Адгезив необходимо наносить таким образом, чтобы он максимально равномерно покрывал площадь посадки чипа, но не закрывал боковые грани чипа при его последующей посадке более чем на треть высоты грани. Невыполнение этого условия с некоторыми типами чипов может стать причиной возникновения каналов утечки тока. При наличии под чипом пустот он будет локально перегреваться, что рано или

поздно приведет к росту дефектов структуры. Наличие же воздуха под чипом может повлечь за собой появление пузырей при нанесении люминофорной смеси и даже привести к поломке чипа на последующих операциях. В среднем толщина наносимого адгезива должна, в зависимости от особенностей процесса, составлять 15–70 мкм. При этом большая толщина будет негативно сказываться на термической устойчивости и адгезии.

## Монтаж чипа

Операция монтажа чипа проводится следующим образом. Чип берется с растяжки и устанавливается на плату на место, покрытое нанесенным адгезивом, при помощи вакуумного наконечника для захвата. Такой способ позволяет избежать повреждения кромок чипа и соскальзывания, которые наблюдаются при использовании пинцета и могут нарушить работоспособность чипа. Для этого процесса применяют ручные, полуавтоматические и автоматические установщики чипов.

Выбор вида автоматизации зависит от предполагаемого объема производства и серийности. Характерными особенностями оборудования являются высокая точность посадки чипов и производительность. Как правило, установки достаточно универсальны и могут производить монтаж на клей, адгезив, эвтектическим, ультразвуковым методом и термокомпрессией, обеспечивая высокую постмонтажную точность. В виде опции автоматический установщик чипов может иметь в своем составе модуль для нанесения адгезива методом дозирования или штампования. Типичным примером широко распространенного на различных светодиодных производствах оборудования (рис. 3) может служить установщик чипов AD830 (ASM). Точность посадки чипов для этой машины составляет  $\pm 38$  мкм при продолжительности рабочего цикла 200 мс. Отверждение современных адгезивов на основе силиконовой связки проводят обычно при температуре 150 °C в течение 2–4 ч. При этом используют печи с нагревом в атмосфере азота с контролируемым содержанием кислорода.



Рис. 3. Установщик чипов AD830

## Подготовка к разварке

Для подготовки полученной полусборки (чипы на плате на отвержденном адгезиве) к операции разварки проволочных перемычек полезно провести операцию плазменной очистки с целью удаления загрязнений, которые, возможно, появились в ходе предшествующих этапов — установки чипа и сушки адгезива. Загрязнения вредны прежде всего как вероятная причина образования каналов утечки тока и как негативный фактор, оказывающий влияние на полимеризацию компаунда люминофорной смеси в последующем процессе сушки этой смеси. Установка плазменной очистки представляет собой оборудование камерного типа в виде настольного или отдельно стоящего конструктивного исполнения, существуют модели конвейерного типа.



Рис. 4. Установка плазменной очистки Yield ES серии G (США)

Установки различаются размером рабочей камеры, максимальные габариты которой, как правило, не превышают 400×340×450 мм. Они оснащаются генератором плазмы с частотой 2,45 ГГц и мощностью до 1,2 кВт. Обычно в состав такой установки входит программируемый логический контроллер для настройки и управления параметрами процесса, массовые расходомеры для регулировки подачи рабочего газа (высокоочищенный аргон), несколько линий подачи газа. Пример подобной установки показан на рис. 4.

## Разварка

Заключительной технологической операцией, которая входит в первую часть технологии CoB, является операция разварки. Разварка осуществляется методом ультразвуковой микросварки. В качестве соединительного материала можно использовать проволоку из алюминия, золота и меди. Применяются только материалы высокой степени чистоты (не хуже 99,99 масс. %). В современной технологии светодиодов вообще и модулей CoB в частности наиболее распространено применение проволоки из золота. В некоторых случаях экономичной заменой может служить проволока из алюминия. Применяют проволоку диаметром 17–85 мкм, при этом наиболее ходовой диапазон типоразмеров — 25–38 мкм. Полезно проводить тестирование получающегося проволочного соединения на прочность — на отрыв и сдвиг. Оно проводится отдельно на специальном оборудовании.



Рис. 5. Автоматический разварщик iHawk

Различают два основных способа разварки чипов — шариковый и клиновидный, которые могут применяться совместно в одной сборке. Для сварочных соединений типа «шарик» применяют рабочую насадку типа капилляр, а для клиновидных соединений — собственно клин.

Немаловажным аспектом планирования производства светодиодных изделий является отслеживание износа этих инструментов и своевременное пополнение их запаса. В настоящее время применяются в основном автоматизированные разварщики. Точность разварки на таком оборудовании достигает ±3 мкм с производительностью автоматизированного оборудования, как правило, до 7 соединений в секунду для клиновой сварки и до 17 соединений в секунду для шариковой. Весьма распространенными на светодиодных производствах являются автоматические разварщики iHawk и iHawkXtreme компании ASM (рис. 5).

## Операции с люминофором

Обсудим вторую часть технологии изготовления модулей CoB, несущую в себе основные отличия от технологии дискретных светодиодов. Сюда относятся такие процессы, как формирование люминофорного слоя, формирование бортиков различной геометрии из силиконового компаунда, изготовление и установка первичной оптики. Основные типы этой части технологии могут быть классифицированы так же, как и основные типы конструкций, что было рассмотрено в предыдущей публикации ([2]), и разделены таким образом на четыре главных направления:

- плоская заливка люминофорной смеси по площади, ограниченной бортиком;
- формирование люминофорного слоя в виде капли, закрывающей чип и разварки;
- заполнение люминофорной смесью внутренней полости первичной линзы, установленной на плату модуля CoB;
- изготовление удаленного люминофорного слоя (термин «удаленный» означает, что слой находится на определенном расстоянии от чипов).

### Плоская заливка

Вариант с плоской заливкой схематически в разрезе показан на рис. 6а. Сначала формируется бортик из силиконового компаунда. Для этого используют программируемые полуавтоматические или автоматические дозаторы. Высота рамки в зависимости от конструкции

модуля может составлять до 3 мм. Если рассматривать оборудование производства Asymtek, то в данном случае целесообразно применять тот же дозатор D-580, но с дозирующей головкой DV-8000, приспособленной в том числе и для быстрого нанесения на плату рамок и других подобных формообразований с характерной геометрией по типу рисунка.

Наибольший интерес здесь представляет материал для рамки. В любом случае это будет силиконовый компаунд, но в выборе материала можно идти двумя путями. Первый способ — использовать тиксотропный компаунд с вязкостью более 20000 мПа·с. Во втором случае используется обычный эластомер — компаунд с вязкостью 3000–6000 мПа·с. В обоих случаях компаунд должен характеризоваться хорошим коэффициентом отражения видимого излучения — не хуже 90%. Поэтому или выбирается белый компаунд с указанными производителем оптическими свойствами, или в прозрачный компаунд замешивается достаточное количество неорганического порошкового материала с высокой отражательной способностью, например диоксида титана. Для этого имеет смысл использовать порошок с небольшим размером частиц — вплоть до десятков нанометров. Каждый из двух способов имеет свои особенности. Применение тиксотропного компаунда технически проще, но возникают вопросы, связанные с поиском подходящего под конкретное изделие материала. Использование эластомера предполагает дополнительную операцию его быстрого подсушивания для сохранения формы бортика перед процессом основной сушки рамки. После сушки рамки проводится нанесение люминофорной смеси в получившуюся емкость стандартным методом дозирования. Для этого подходит любой дозатор, обеспечивающий необходимую точность и предназначенный для работы с вязкими жидкостями.

Стандартная люминофорная смесь готовится путем смешивания собственно люминофора (порошкового неорганического кристаллического материала) с силиконовым прозрачным оптическим компаундом, обычно относящимся по своей вязкости к классу эластомеров. Завершается сборка изделия операцией сушки люминофорной смеси. Оборудование для данной операции — это различные варианты сушильных шкафов с максимальной рабочей температурой до +350 °С и, желательно, с контроллером, позволяющим задавать несколько режимов изменения температуры.

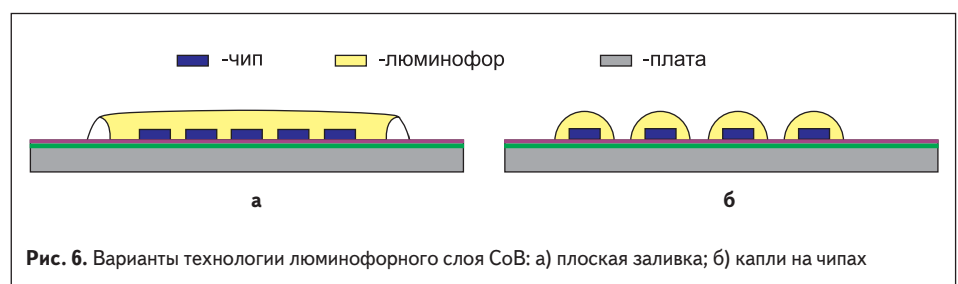


Рис. 6. Варианты технологии люминофорного слоя CoB: а) плоская заливка; б) капли на чипах

### Капли на чипах

Модуль CoB с люминофорным слоем в виде отдельных капель показан на рис. 6б. Капля закрывает чип, проволочные разварки и не покрывает маской металлизацию, обеспечивая таким образом герметизацию этого участка. Форма капли близка к полусферической, а диаметр составляет обычно около трех длин стороны чипа. Нанесение люминофорной смеси производится стандартным методом дозирования, но в качестве компаунда люминофорной смеси может быть использован только тиксотропный силикон.

### Заполнение полости линз

Для изготовления модуля CoB с линзами, внутренняя полость которых заполнена люминофорной смесью (рис. 7а), применяют несколько процессов. Во-первых, отдельно изготавливаются сами линзы. Сейчас все еще популярно производство линз из поликарбоната методом литья под давлением. Несмотря на известный недостаток этого материала — недостаточную устойчивость к воздействию тепла, определенных альтернатив пока нет.

К материалу линзы предъявляется достаточно много требований, среди которых инертность к применяемым в сборке светодиода материалам; хорошие оптические свойства; устойчивость к воздействию излучения; пригодность к процессу точного литья; небольшая стоимость и др. Возможно, в ближайшем будущем появятся линзы из силикона, но их применение будет иметь смысл лишь при сравнимой с поликарбонатом стоимости.

Процесс монтажа линзы из поликарбоната заключается в том, что ножки линзы закрепляются заподлицо в плате модуля методом компрессии. Метод обеспечивает одновременно воздействие ультразвука и тепла, причем локальное — только в местах крепления ножек. Качественная установка линзы совершенно исключает ее перемещение относительно платы, в том числе и при колебаниях температуры окружающей среды. Для закрепления линзы используются оригинальные установки, которые обычно разрабатываются под заказ, хотя и не относятся к категории дорогостоящего оборудования. Основой такой установки может быть, к примеру, полуавтоматический сварочный пресс.

Затем люминофорная смесь наносится в лунку линзы через отверстия в плате модуля CoB. Одно отверстие служит для заполнения смесью, другое — для выхода воздуха в процессе заполнения. Может быть применен любой дозатор с достаточной точностью дозирования,

но в качестве насадки на головку дозатора следует использовать иглу. Также имеет смысл ограничить применимость эластомеров для этого процесса материалами с твердостью в полимеризованном состоянии до 50 единиц класса А по Шору для лучшего оптического совмещения люминофорного слоя с внутренней поверхностью линзы.

Далее проводят сушку люминофорного слоя. Поскольку оптический поликарбонат начинает терять твердость при температуре +140...+145 °С, необходимо выбирать для изготовления люминофорной смеси такие силиконы, которые могут полностью отверждаться при более низкой температуре, например +100...+120 °С.

### Удаленный слой

Про удаленный люминофорный слой можно сказать, как сейчас он, как правило, формируется отдельно, после чего устанавливается с помощью клея или прижима на отражатель модуля CoB, как показано на рис. 7б. Отражатель также изготавливается отдельно из пластика с хорошей отражательной способностью и устанавливается на плату модуля. Способы установки отражателя могут быть различными, в зависимости от конструкции модуля и светильника. Удаленный слой может быть сформирован путем нанесения люминофора на поверхность компаунда или замешиванием люминофора в объем компаунда. Ввиду требований по устойчивости к факторам внешней среды, предъявляемым обычно к светодиодным изделиям, второй вариант представляется более перспективным. В таком случае изготовление слоя предполагает смешивание люминофора с компаундом и заливку полученной смеси в форму для сушки. Если используется стандартный силиконовый эластомер, форма должна быть изготовлена из материала, обладающего малой адгезией к силикону. Поиск такого материала сам по себе является достаточно нетривиальной задачей. Как вариант решения можно обратить внимание на некоторые пластики, в частности, полиметилпентен (обозначается РМР или ТРХ). Возможна отливка в металлическую форму с использованием тонкослойной прокладки из специального расходного материала. Сейчас в разработке ведущих компаний — производителей силиконов (например Dow Corning) находятся материалы, обладающие низкой адгезией к металлу и подходящими для изготовления удаленных люминофорных слоев механическими свойствами. Их применение представляется весьма перспективным. На рынке имеются предложения уже готовых люминофорных слоев. Применение такого

материала возможно, но требует обязательных испытаний на эффективность и стабильность и, естественно, влечет за собой увеличение затрат на изготовление конечного изделия.

### Материалы для люминофорной смеси

Скажем несколько слов о материалах для приготовления люминофорной смеси. Как было рассмотрено выше, в качестве компаунда в большинстве случаев целесообразно использовать силикон из класса эластомеров. Определение эластомер предполагает, что твердость компаунда в состоянии после отверждения может быть оценена с помощью шкалы Шора, класс А. Компаунд должен быть охарактеризован производителем как оптический и, что желательно, предназначенный именно для светодиодной техники. Среди известных производителей силиконов можно порекомендовать такие компании, как Dow Corning, Shin-Etsu, NuSil, Wacker. Одним из типичных примеров силиконового компаунда-эластомера можно считать материал OE-6520 компании Dow Corning. Он подходит и для изготовления варианта модуля CoB с установленными пластиковыми линзами. В некоторых случаях в качестве компаунда люминофорной смеси необходимо использовать тиксотропный материал. Его примером может послужить силикон LPS-3421T компании Shin-Etsu.

### Выбор люминофора

Отдельный аспект — выбор и приобретение люминофора. Рынок люминофоров всегда отличался некоторой закрытостью, связанной, с одной стороны, со сложностью измерения их характеристик, а с другой стороны — с патентными вопросами. Самыми лучшими люминофорами на сегодня все-таки следует признать материалы японского производства. Но сейчас продукция других разработчиков уже обладает практически теми же характеристиками, что и японские материалы, при существенно более низкой стоимости. Известны также силикатные люминофоры компании Intematix (Тайвань). Хотя они отстают по эффективности от классических вариантов на основе иттрий-алюминиевого граната, их выбор поддерживается несомненной патентной чистотой и готовыми решениями по увеличению цветопередачи. В том, что касается выбора одновременно эффективного и экономичного решения, можно обратить внимание на материалы компании Fultor (Китай) и на люминофоры НИИ «Платан» (Фрязино).

### Сравнение технологий CoB и дискретных светодиодов

Различия в технологическом цикле производства модулей CoB и дискретных светодиодов могут быть проиллюстрированы диаграммой (рис. 8).

Первые пять операций в силу схожести технологии обеспечиваются практически аналогичной организацией производства и основным оборудованием. Процесс же нанесения люминофорной смеси, или, что точнее, формирования люминофорного слоя, отличается. Кроме стандартного дозирования,

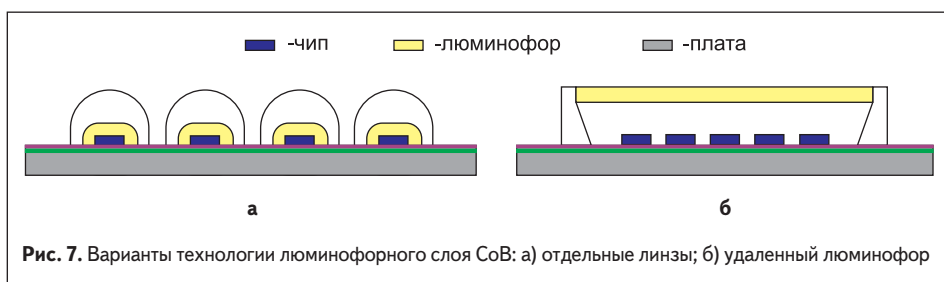


Рис. 7. Варианты технологии люминофорного слоя CoB: а) отдельные линзы; б) удаленный люминофор

другими словами — для создания слоя специальной формы или свойств — в модулях CoB и в дискретных светодиодах используются разные методы и оборудование.

Применение различающихся методик в основном обусловлено их целесообразностью. Для современных дискретных белых светодиодов не имеют экономического смысла ни бортик из белого отражающего силикона, ни удаленный люминофор. Вопрос об использовании синих светодиодов и удаленного люминофора оставим пока для отдельной дискуссии. Хотя из общих соображений понятно, что этот вариант является неким промежуточным между удаленным люминофором на CoB и белыми светодиодами и несет в себе достоинства и недостатки обоих методов.

С другой стороны, методы формирования малоразмерного люминофорного слоя для точечного источника света хотя и вполне применимы для изготовления CoB, но не особенно нужны, так как точечный источник необходим прежде всего для корректной работы первичной и вторичной оптики, и его появление во многом обусловлено малыми размерами оптики дискретных светодиодов. В модуле CoB желаемая диаграмма направленности излучения достигается вообще без использования вторичной оптики применением варианта конструкции с отдельными линзами. Точечный источник света для их работы не нужен. Оборудование для формирования люминофорных слоев тоже отличается. Экономическое преимущество

в данном случае на стороне технологии CoB. Для нанесения рамок используются те же дозаторы, что и для стандартного нанесения смеси. Для изготовления удаленного люминофора необходимо специальное оборудование, тем не менее постановка этого метода представляется сейчас менее затратной, чем организация участка производства для создания точечного источника. Самой простой технологией малоразмерного люминофорного слоя и по реализации, и по затратам является метод нанесения смеси с помощью микроспрея, внедрение которого требует как минимум установки дополнительного автоматического дозатора со специальной дозирующей головкой и насадками.

Рассмотрим следующие операции. Сушка люминофорного слоя аналогична для обоих вариантов технологии. Для дискретных светодиодов часто применяется операция изготовления линзы. Как правило, сейчас используют отливку линзы из оптического силикона высокой твердости (класс D по шкале Шора). Так на светодиоде формируется первичная оптика. Еще один процесс, который обычно отсутствует в технологии CoB, — автоматическое разделение рамки или подложки на отдельные светодиоды. Небольшие по размеру модули CoB (например, 20×20 мм на потребляемую мощность 8–10 Вт) тоже производятся в групповых заготовках и требуют разделения. Но такое разделение может быть ручным, а может отсутствовать при условии поставки потребителю в групповых платах. Сортировка модулей CoB может быть значительно упрощена, поскольку не требуется высокоскоростного оборудования для проверки. Модуль проверяется на соответствие заявляемым светотехническим параметрам целиком, а не по отдельным чипам. Упаковать модуль также проще, чем отдельные светодиоды, потому что для светодиодов, как для компонентов электронной техники, требуется упаковка в специальную ленту, наматываемую на бобину. Эта операция выполняется на автоматических упаковщиках. Уже готовую бобину-катушку помещают в стандартный пакет и в коробку. Упаковка модулей CoB может производиться обычным образом (в пакет и коробку). Для маленьких модулей можно применять упаковочную ленту, но скорость упаковки и количество изделий позволяют использовать полуавтоматическое оборудование.

Как видно, организация производства CoB более экономична, чем производства дискретных светодиодов. Причины экономии — использование более простого оборудования для операций формирования люминофорного слоя, сортировки и упаковки. Во многих случаях не требуется оборудование для разделения групповой заготовки, если же этот процесс нужен, то он значительно упрощается в сравнении с технологией дискретных светодиодов. Не является необходимой отливка силиконовой линзы. Между тем машина для отливки линз составляет одну из самых затратных статей при подготовке светодиода к производству. Следует также учесть, что не было рассмотрено

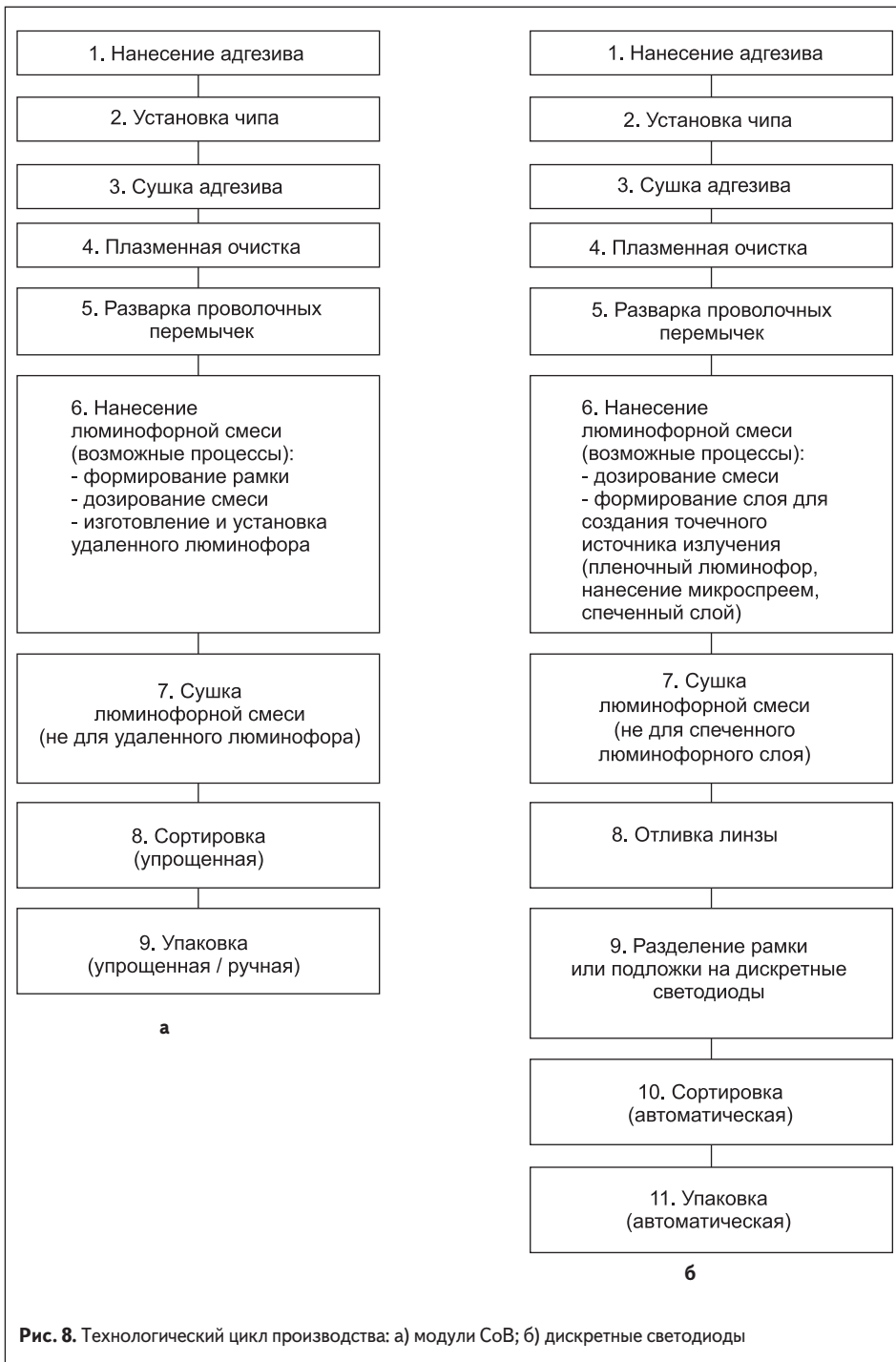


Рис. 8. Технологический цикл производства: а) модули CoB; б) дискретные светодиоды

применение оборудования для поверхностного монтажа, необходимого для установки светодиодов на плату. В этом аспекте преимущество модулей CoB — возможность простого монтажа в светильник, обычно предполагающая всего лишь проведение простой пайки и так называемой отверточной сборки.

## Заключение

В первой части статьи ([2]) говорилось о разных типах конструкций модулей CoB и было показано, что все они характеризуются своими преимуществами и вариантами применения. Сам собой возникает вопрос — не лучше ли производить вместо дискретных светодиодов только модули CoB, если они охватывают все области применения, а организация их производства обходится заметно дешевле. Ответ на этот вопрос следующий. У светодиодов есть одно принципиальное преимущество перед модулями CoB — универсальность использования. Используя одни и те же светодиоды, можно изготовить разные типы светильников. Однако не представляет интереса делать большие вложения в производственную линию для того, чтобы выпускать сравнительно небольшое количество светодиодов. Подобное производство становится выгодным, начиная с объемов в несколько миллионов светодиодов в месяц (оценочно, в пересчете на 1-Вт светодиоды). Как следствие,

оно хорошо укладывается в бизнес-модель или крупной корпорации, имеющей несколько интегрированных производств разных типов светильников, составляющих широкий ассортимент продукции, или большого предприятия, для которого светодиоды являются конечным изделием. Эта картина совпадает с тем, что наблюдается в мировой практике организации светодиодных производств. Модуль CoB не настолько универсален и больше подходит для создания на его основе изделий под конкретные применения, определенные с помощью маркетинговых исследований. Преимущества его производства лучше всего реализуются при организации предприятий, выпускающих обусловленный спросом модельный ряд светильников и ориентирующихся, в том числе, на выпуск продуктов для нишевых применений. Таким образом, технология CoB является однозначно выгодной при малых и средних объемах производства. Но она применима и при больших объемах — при наличии на рынке потребителей конкретного продукта. ●

## Литература

1. MCPCB Construction. Cofan USA. <http://www.cofan-usa.com/mcpcb-construction>
2. Модули Chip-on-Board. Часть 1. Технология, конструкция, применение // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 2.