

Томас Урманн (Thomas Uhrmann) | Торстен Матиас (Thorsten Matthias)

Многофункциональное оборудование — точка пересечения изготовителей светодиодов и производителей ИС

Между отраслями по изготовлению светодиодов и интегральных микросхем существует масса отличий, но, тем не менее, есть много общего. Сотрудничество с поставщиками оборудования может помочь производителям светодиодов получить технологические решения, специально предназначенные или адаптированные для их нужд, а также позволит сократить этап разработки новых продуктов и оптимизировать производственные процессы.

Все производители осознают необходимость улучшать техническое исполнение изделий, уменьшая при этом их себестоимость. В то время как отрасль по изготовлению ИС (интегральные схемы) пытается следовать закону Мура, уменьшая, в основном, размеры транзисторов и повышая в результате степень их интеграции и улучшая характеристики, производство светодиодов не имеет возможности идти по такому пути. Однако увеличение общей эффективности светодиодов позволяет сокращать полезную площадь, требуемую для получения одинакового светового потока. В ситуации жесткой конкуренции производители концентрируются на высокотехнологичном оборудовании до тех пор, пока не определятся с областью применения изделий, на которой они будут специализироваться.

Другое отличие между отраслями по изготовлению светодиодов и ИС состоит в том, что производство светодиодов в настоящее время недостаточно стандартизировано. С этой точки зрения ситуация весьма напоминает положение с ИС много лет назад. Основная причина нехватки стандартизации — широчайшее разнообразие вариантов применения светодиодов на различных сегментах рынка. Для эффективной конкуренции изготовители полагаются на очень гибкие собственные технологические процессы производства.

Заметная активность на рынке светодиодов вызвала у основных производителей ИС интерес к данной сфере. Таким образом, логично ожидать размывания границ между упомянутыми направлениями. Перенос производственной и статистической методологии из отрасли производства ИС весьма ценен для производителей светодиодов. Конечно, необходимо адаптировать специфический инструментарий — такой, например, как система статистического контроля технологических процессов — к производству светодиодов, где диапазон параметров полностью отличается, а материально-техническая база уже есть.

Адаптируемые технологические схемы

Быстро меняющийся рынок и недостаток стандартизации технологических процессов создают значительные сложности производителям светодиодов и поставщикам оборудования для них. Зачастую производители светодиодов используют самые разнообразные производственные схемы при производстве светодиодов различного применения и дизайна. Такая гибкость означает, что стандартиза-

ция и оптимизация отдельных технологических процессов — крайне сложная задача.

Создаваемый производителями оборудования инструментарий должен быть очень гибким и адаптируемым, способным удовлетворять потребностям конкретных заказчиков. Например, различные структуры кристалла светодиода (горизонтальный, вертикальный, перевернутый кристалл или кристалл с тонкой пленкой и обратным расположением) требуют различных технологических процессов и, таким образом, различного оборудования. В зависимости от дизайна структуры кристалла могут использоваться подложки различного размера и даже материала. Поэтому для решения конкретных производственных задач необходимо тесное сотрудничество между производителями светодиодов и оборудования для их производства.



Рис. 1. EVG 560HBL — полностью автоматизированное оборудование для срачивания пластин, предназначенное для производства сверхъярких светодиодов

Сражение за повышение эффективности светодиодов происходит, в основном, между лидирующими компаниями-производителями, которые вкладывают значительные усилия в исследования и развитие этого направления. С другой стороны, за последнюю пару лет на рынке появились «новички», которые, если хотят оставаться конкурентоспособными, должны в этой борьбе принимать участие. Небольшое повышение КПД светодиода достигается увеличением площади структур, требуемой для получения светового потока определенной величины. Это приводит к увеличению световой отдачи, а так же улучшению инжекции носителей заряда и внутренней квантовой эффективности. Два последних аспекта рассматриваются как основные на пути производства низкокзатратных светильников для общего освещения с широкой вариативностью характеристик.

Сотрудничество и стандарты

Увеличения эффективности светодиодов можно добиться различными способами. Однако ограниченность ресурсов уменьшает количество таких путей. Опыт поставщиков оборудования и знания, приобретенные на других рынках,

могут быть очень ценными для производителей светодиодов, поскольку позволят значительно сократить этап разработки.

Один из примеров такого сотрудничества — NIL-COM Consortium. Компании и исследовательские организации через логистическую цепочку нанопечатной литографии (НПЛ) взаимодействуют в целях оптимизации процесса, необходимой для рентабельного производства светодиодных кристаллов. Стимулируя логистическую цепочку для отдельных или общих технологических звеньев, многие производители светодиодов смогут ускорить снижение их стоимости и повысить эффективность.

Для отрасли по производству ИС SEMI (Международная организация полупроводникового оборудования и материалов) создает стандартизацию производственного оборудования при том, что требования к этому оборудованию такие же или схожие для всех различных производителей ИС. Иная ситуация в производстве светодиодов. Если крупносерийные производители сверхъярких светодиодов полагаются, в основном, на автоматизированные решения, то малые и средние используют, как правило, ручное оборудование.

Для удовлетворения потребностей всех типов производителей светодиодов поставщики оборудования должны обладать полным перечнем ручного, полу- и полностью автоматизированного оборудования. Поэтому им необходимо иметь гибкие и универсальные платформы. Можно использовать проверенное на практике высокотехнологичное оборудование отрасли по производству ИС как основу для реализации специфических функций и особенностей, характерных для светодиодов и требуемых их производителями.

Оптическая литография

Оптическая литография — это предпочитаемая технология межэлементных соединений для сверхъярких светодиодов, где минимальные размеры элементов составляют около 5 мкм. С точки зрения перспектив, стоимости покупки и эксплуатации литография с установкой позиционирования и экспонирования по всей пластине предпочтительнее соперничающих с ней технологий межэлементных соединений, таких как проекционная литография с пошаговым экспонированием, где капиталовложения высоки, а выработка низкая.

Помимо высокотехнологичной и проверенной на практике установки позиционирования и экспонирования компании EV Group EVG 620, используемой при сборке ИС, МЭМС и при производстве сложных проводников, применяются и другие функции, специфичные для производства светодиодов. Одна из особенностей производства нитрид-галлиевых (GaN) структур на сапфировой подложке — оптическая прозрачность материалов. Поэтому шаги травления на утопленном слое (нитрида галлия с p-проводимостью) имеют высокое оптическое разрешение и тяжело реализуются.

Необходимо развитие специальной оптики для увеличения разрешения всей системы. Более того, полупроводниковые пластины светодиодов сильно искривлены после эпитаксиального процесса выращивания. Специальная конструкция зажима обеспечивает их эффективное выравнивание и, следовательно, гарантирует постоянный зазор между светодиодом и фотошаблоном. Таким образом, бесконтактный технологический процесс вкупе с превосходной точностью фотошаблонов принесит большой выход годных. Станок EVG 620HBL (рис. 2) обеспечивает наибольшую в своем классе выработку — до 165 пластин в час в режиме размещения (220 в режиме первичного покрытия) и 125 при автономной обработке, что позволяет говорить о низкокзатратном совокупном владении оборудованием.

Срачивание плат и НПЛ

Срачивание пластин наиболее часто используют для переноса активного слоя. Во время этого процесса растущая подложка арсенида галлия (GaAs) для светодиодов, основанных на технологии AlInGaP (алюминий-индий-галлий фосфид), и сапфира для технологии на основе InGaN (индия-галлия нитрид) замещается другим носителем, который имеет



Рис. 2. EVG 620HBL — полностью автоматизированная установка совмещения и экспонирования для производства сверхъярких светодиодов

более высокую теплопроводность и улучшает оптические свойства. Компания EV Group впервые представляет оборудование для сращивания пластин, предназначенное целиком именно для рынка производства светодиодов (рис. 1). Станок модели EVG 560HBL благодаря оптимизации распределения давления и температуры в сочетании с выпуском до 176 соединений/час (эквивалент двухдюймовой пластины) при использовании многослойного сращивания демонстрирует высокую производительность. Сапфировые пластины часто различны по толщине, а функция компенсации толщины (собственная разработка), присутствующая в оборудовании компании EV Group, обеспечивает равномерное распределение давления по каждой отдельной паре пластин для оптимальной обработки.

Нанопечатная литография может применяться для одновременного изготовления структур различного размера — от нано- до микрометров, которые используются в светодиодах для улуч-

шения выделения света либо через фотонно-кристаллические структуры, либо через наноструктурированные сапфирные подложки. Наноструктурированные сапфирные подложки интенсивно уменьшают плотность прорастающих дислокаций, демонстрируя многообещающие результаты, которые, вероятно, позволят в будущем закрыть так называемую «проблему зеленой долины».

Перспективы развития

Авторы полагают, что в будущем сотрудничество производителей светодиодов и поставщиков оборудования непременно станет естественным процессом. С одной стороны, такое взаимодействие поможет производителям светодиодов получить оборудование, специально спроектированное или адаптированное для их нужд. С другой стороны, поставщики оборудования могут оказаться ценными партнерами в развитии новых технологий производства светодиодов, обеспечить значитель-

ное сокращение этапа разработки новых продуктов и оптимизацию технологических процессов. Кроме того, разработчики оборудования уже в настоящий момент готовы в еще большей степени автоматизировать производство — так же, как и увеличить размер пластин. Ожидается, что автоматизация всего процесса последовательной обработки полупроводниковой пластины приведет к увеличению производительности и, следовательно, к снижению себестоимости конечного продукта.

Обслуживание такого волатильного рынка, насыщенного самыми различными технологиями, выигрышность каждой из которых до сих пор окончательно не определена, требует гибкости от производителей оборудования в целях соответствия различным требованиям и техническим характеристикам, выдвигаемым со стороны производителей светодиодов. ●

Примечание. Оригинал статьи опубликован на сайте www.ledsmagazine.com.