

Пола Доу (Paula Doe)

Круглый стол Semicon West:

ближайшие перспективы производства светодиодов высокой яркости

Интеграция большего числа функций на кристалле и переход на новые технологии материалов — вот два пути, которыми будут идти производители светодиодов в попытке снизить себестоимость светодиодных компонентов и полупроводниковых светотехнических систем.

Производители светодиодов и полупроводниковых светотехнических систем достигли впечатляющих успехов в повышении КПД и снижении себестоимости, но для широкого внедрения этих молодых технологий нужно еще многое сделать. Производители светодиодов неустанно трудятся над оптимизацией производственных процессов, стремясь снизить затраты и повысить технические характеристики своей продукции. По словам ряда исследователей, наиболее перспективными направлениями в настоящее время являются интеграция новых функций на кристалле и упрощение логистических цепочек. Из прорывных технологий, по всей видимости, почти готовы к выходу на массовый рынок нитрид галлия на кремнии и квантовые точки, а нанопроволока сохраняет в себе революционный потенциал на более отдаленное будущее.

Некоторые из докладчиков, участвовавшие в заседании конференции Semicon West (8–11 июля, Сан-Франциско, США) под заголовком «Новое поколение технологий производства

светодиодов высокой яркости», поделились своими взглядами на ближайшие перспективы для отрасли (www.semiconwest.org/node/8501). Мнения значительно расходятся, хотя тенденция к расширению функциональности на уровне компонентов и систем уже очевидна. При этом в отношении перехода на совершенно новые материалы для производства светодиодов (кремний, наноматериалы или даже квантовые точки как замена люминофору) остаются существенные вопросы.

Расширение функциональности полупроводниковой светотехники

По мнению Ваутера Сура (Wouter Soer), старшего исследователя в компании Philips Lumileds, именно новые функциональные возможности являются движущей силой рынка в настоящее время, а в дальнейшем станут основным направлением инноваций в сфере производства светодиодов. Появление новой

функциональности он наблюдает как на уровне компонентов, так и на уровне систем. Очень простой пример — разработка высоковольтных светодиодов компанией Lumileds и другими производителями. Как говорит Ваутер, семейство высоковольтных светодиодов Luxeon H (рис. 1), рассчитанное на входные напряжения до 200 В, значительно упрощает проектирование электроники драйверов и эффективно снижает себестоимость полупроводниковых светотехнических систем. Эти светодиоды изготавливаются с выполнением постэпитаксиального цикла на последних этапах производственного процесса.

Переходя на системный уровень, г-н Сур упоминает, пожалуй, первый в своем роде комплект для разработки программного обеспечения (SDK) ламп, который недавно представила компания Philips. Этот SDK и опубликованные интерфейсы прикладных программ (API) для лампы Hue компании Philips упрощают разработку приложений iPhone и Android для управления лампами с настройкой цвета (ledsmagazine.com/news/10/3/11). Эти лампы оснащены беспроводной связью ZigBee и памятью. Еще до того, как увидела свет эта открытая платформа, пользователи самостоятельно перепрограммировали данную лампу с помощью смартфонов для управления яркостью и цветом свечения ламп во всем доме, устройства цветомузыки или регулирования внутреннего освещения в зависимости от естественного наружного. По словам Ваутера Сура, компания Philips хочет предоставить большему числу пользователей возможность взаимодействовать со светом.

Упрощение логистических цепочек

Пожалуй, более тонкая сфера технологических новаций, которая также может повлечь большие перемены в светодиодном секторе, — это пересмотр функциональности компонентов систем с целью упрощения логистических цепочек. Всем участникам логистической цепочки приходится иметь дело с громадным разнообразием светодиодного рынка, большим числом областей применения, обширной номенклатурой компонентов и модификаций продукции. Все это представляет существенную проблему для отрасли.



Рис. 1. Семейство ламп Philips Lumileds Luxeon H

Возможное решение — оптимизировать всю систему в целом, вместо того чтобы рассматривать кристалл, корпус, модуль и светильник по отдельности. Один из подходов, который разрабатывает компания Lumileds в рамках проекта, финансируемого Министерством энергетики США, — это гибридный модуль, где дополнительно используются красные светодиоды для получения более теплого света (с более низкой цветовой температурой). Сама концепция не нова, но модульный подход позволит большему количеству производителей полупроводниковой светотехники воплотить ее на практике, поскольку точное смещение цветов от нескольких светодиодных каналов представляет собой сложную задачу. В рамках проекта Lumileds на уровне модуля интегрируется больше функций электронного управления, чтобы облегчить использование этих функций на последующих звеньях логистической цепочки. За счет этого упрощается не только конструкция драйвера (который, в конечном счете, может войти в состав компонента), но и вся логистическая цепочка, что позволяет производителю ламп просто устанавливать деталь в свое изделие без повторных ее испытаний. «Если мы правильно структурируем систему, всем участникам придется иметь дело с меньшим количеством складских единиц, благодаря чему снизятся затраты», — утверждает г-н Сур.

Нитрид галлия на кремнии

Что касается технологических процессов и материалов для производства светодиодов, актуальной темой вот уже некоторое время является технология нитрид-галлиевых светодиодов на кремниевой подложке. Ее сторонники считают, что она позволит снизить себестоимость светодиодов, поскольку кремниевые пластины стоят меньше сапфировых, которые наиболее распространены сегодня. Более того, по завершении эпитаксиального процесса производители могут использовать на последних этапах производства собственные заводские мощности и автоматизированные станки для производства ИС.

«Пока нельзя сказать, когда технология «нитрид галлия на кремнии» увидит свет, но, вероятно, это произойдет в течение ближайших 12–18 месяцев, — предполагает Эрик Вайри (Eric Virey), старший аналитик по светодиодам в компании Yole Development. — Во многом это зависит от успеха компаний Bridgelux и Toshiba».

Журнал *LEDs Magazine* пристально наблюдал за ходом работ по данной тематике в этих двух компаниях. Компания Toshiba объявила о начале производства в декабре прошлого года и в январе опубликовала подробные технические характеристики своих светодиодов на кремниевой подложке (рис. 2) (ledsmagazine.com/news/10/1/3). Компания Bridgelux с тех пор продала компании Toshiba свою интеллектуальную собственность, связанную с кремниевой технологией, хотя у нее по-прежнему действует договор о покупке светодиодов Toshiba.



Рис. 2. Нитрид-галлиевые светодиоды на кремниевой подложке компании Toshiba

По мнению г-на Вайри, если нитрид-галлиевая продукция Toshiba на кремниевой подложке окажется особо конкурентоспособной по стоимости и характеристикам, примеру этой компании последуют другие крупные игроки, у всех из которых имеются исследовательские программы по этой теме. Если же стоимость снизится недостаточно для того, чтобы компенсировать некоторое вероятное ухудшение характеристик, другие производители, скорее всего, свернут эти программы. Наиболее вероятно, по словам Вайри, промежуточный сценарий: технология «нитрид галлия на кремнии» будет внедрена некоторыми компаниями, у которых есть опыт работы с кремнием и амортизированные кремниевые производства, делающие эту технологию наиболее экономически эффективной, и притом лишь в отдельных областях, где ее применение целесообразно с точки зрения стоимости и характеристик.

Компания Azzurro, занимающаяся поставкой нитрид-галлиевых пластин на кремниевой подложке, утверждает, что качество светодиодных устройств на такой подложке может быть столь же высоким при значительно меньшей стоимости — а это может знаменовать крупные перемены в светодиодной отрасли. Компания продает 150-мм (6") и 200-мм (8") кремниевые шаблонные пластины с выращенными на них буферными слоями, поверх которых производители могут выращивать собственные светоизлучающие эпитаксиальные структуры почти как обычно, а затем производить окончательную обработку на стандартной кремниевой технологической линии (рис. 3).

Azzurro сообщает, что в настоящее время ведет отбор шаблонных пластин на своем заводе в Германии для клиентов, готовых приступить к испытанию технологического процесса на базе 2-дюймовых пластин. По другим сообщениям, компания Epistar перенесла свои структуры на 150-мм шаблонные пластины. Объемы выпуска пластин подкрепляются спросом со стороны производителей силовых полупроводниковых компонентов, применение в которых технологии «нитрид галлия на кремнии» также сулит существенное улучшение характеристик в большинстве областей.

По словам соучредителя и исполнительного вице-президента компании Azzurro Александра Лёзинга (Alexander Loesing), компания перемещает буферные слои противдеформационными слоями, чтобы регулировать изгиб пластин после эпитаксиального выращивания. Эта

методика позволяет вырастить более толстый слой нитрида галлия, чем большинство других технологий с буферными слоями, что помогает повысить качество изготавливаемых светодиодов. После эпитаксиального выращивания избыток кремния снимается с использованием недорогих стандартных технологических процессов, в результате чего получаются пластины со стандартными параметрами толщины и плоскопараллельности, необходимыми для обработки на обыкновенной линии по производству кремниевых компонентов.

«Пластины с противдеформационными слоями позволяют добиться более однородной обработки, а следовательно, и большего контроля над длиной волны, выходной мощностью и прямым напряжением, — утверждает г-н Лёзинг. — На самом деле у кремния лучше тепловые свойства, за счет чего можно повысить однородность распределения температуры по пластине для более равномерного эпитаксиального выращивания и сужения интервалов бинирования, но регулирование изгиба в процессе выращивания тоже помогает». Большой выход готовой продукции и более высокая пропускная способность стандартного оборудования для работы с 150-мм и 200-мм кремниевыми пластинами позволяют снизить затраты на производство светодиодов, особенно если компаниям не нужно инвестировать средства в оборудование, потому что у них имеются свои амортизированные заводские мощности или возможность прибегнуть к услугам сторонних заводов.

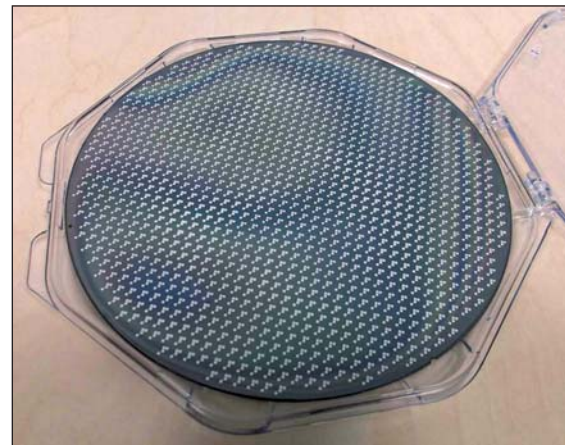


Рис. 3. Шаблонные нитрид-галлиевые пластины на кремниевой подложке компании Azzurro

Компания Azzurro утверждает, что даже при таком росте спроса, который потребует наращивания производственных мощностей, издержки перехода на 6-дюймовые сапфировые пластины окажутся маргинальными для многих компаний ввиду большей стоимости более крупных сапфировых пластин и технических трудностей, связанных с усилением внутренних деформаций и изгиба на возросшей площади. Таким образом, переход на шаблонные нитрид-галлиевые пластины большего диаметра на кремниевой подложке

с постэпитаксиальной обработкой на заводах по производству КМОП-компонентов может оказаться более привлекательным способом сохранения конкурентоспособности для многих компаний. По словам г-на Лёзинга, если кто-то сумеет сделать эту технологию конкурентоспособной по техническим характеристикам, ценовое преимущество будет существенным.

Нанотехнологии и квантовые точки

«Еще одной революционной технологией в более отдаленной перспективе может стать нанопроволока, — предполагает Эрик Вайри. — Отрасль уже исчерпала значительную часть потенциала, который можно было реализовать без специальных ухищрений с использованием традиционных технологий». Впечатляющие результаты исследований по применению этих наноклончатых структур в качестве световыводящих поверхностей или светоизлучателей позволили привлечь значительное венчурное финансирование от уважаемых фирм; вопрос, разумеется, в том, насколько они будут масштабироваться до уровня массового про-

изводства. Как отмечает г-н Вайри, эти новые структуры должны выращиваться равномерно по всей поверхности 6- или 8-дюймовой пластины, и для реального коммерческого массового производства необходим процесс, который был бы максимально совместим со стандартным оборудованием для изготовления полупроводниковых компонентов.

По словам г-на Вайри, квантовые точки оставались многообещающей технологией в течение последних 10 лет, но похоже, что сейчас, с выпуском первых коммерческих продуктов на ее основе (таких как телевизор Sony с экраном на квантовых точках QD Vision), наступает поворотный момент. Эта технология несет в себе значительный потенциал для улучшения цветопередачи и снижения энергопотребления за счет использования синих светодиодов вместо белых, а также преобразования цвета с помощью листа герметика с внедренными в него точками. По всей видимости, крупные производители телевизоров убеждены в возможности организовать производство по этой технологии с разумными затратами, так как многие из них сотрудничают со стартапами, занимающимися поставкой соответствующих компонентов.

В полупроводниковой светотехнике квантовые точки могли бы быть эффективной заменой люминофору, поскольку эта технология позволяет гораздо точнее управлять спектром. Например, природа красных люминофоров такова, что они излучают энергию в диапазонах за пределами человеческого зрительного восприятия, а красные квантовые точки позволяют исключить такой непроизводительный расход энергии.

Наконец, светодиоды, выполненные по технологии «нитрид галлия на нитриде галлия», и нитрид-галлиевые подложки могут обеспечить более высокие технические характеристики при большой плотности тока. Компания Sogaа является в настоящий момент единственным игроком в данном сегменте. По мере снижения стоимости гомогенная технология, вероятно, найдет применения в тех областях, где требуется высокая плотность светового потока на единицу поверхности, например в лампах MR-16, проекционных лампах, автомобильных фарах и другой продукции. ●

*Оригинал статьи опубликован в LED's Magazine
<http://ledsmagazine.com/features/10/6/2>*